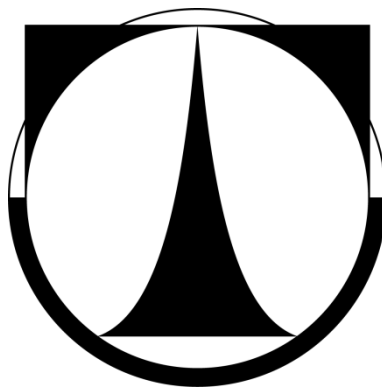


**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**Fakulta strojní**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Inovace výrobního zařízení na výrobu loketní opěrky osobního  
automobilu**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**Fakulta strojní**

**Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství**

Obor: Inovační inženýrství

Zaměření: Inovace výrobků

Katedra částí a mechanismů strojů

**Inovace výrobního zařízení na výrobu loketní opěrky osobního automobilu**

**Innovation of production equipment for the production of passenger car armrest**

Jméno autora: Bc. Martin Franc

Vedoucí DP: Doc. Ing. Vítězslav Fliegel, CSc., TU v Liberci

Konzultant DP: Milan Jaroš, Fehrer Bohemia s.r.o., Liberec

Rozsah práce a příloh:

Počet stran: 80

Počet tabulek: 26

Počet příloh: 10

Počet obrázků: 39

Datum: 24. 05. 2013





### **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé DP a prohlašuji, že souhlasím s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci 24. 05. 2013

.....

Martin Franc

### **Místopřísežné prohlášení**

„Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.“

V Liberci 24. 05. 2013

.....

Martin Franc

## **Anotace**

### **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

#### **TÉMA:**

**Inovace výrobního zařízení na výrobu loketní opěrky osobního automobilu**

#### **ANOTACE:**

Diplomová práce se zabývá inovací výrobního zařízení na výrobu loketní opěrky osobního automobilu. Práce obsahuje kombinované řešení uchopovacího mechanismu a automatizovaného pracoviště, pracující bez zásahu obsluhy. Pro celý proces návrhu výrobku až po zkonstruování bylo využito metod inovačního inženýrství. Z navržených konceptů byly vybrány vítězné varianty a byly optimalizovány z hlediska DFX, FMEA a MKP.

Klíčová slova: inovace, loketní opěrka, uchopovací mechanismus, pracoviště, DFX, FMEA, MKP

### **DIPLOMA PROJECT**

#### **THEME:**

**Innovation of production equipment for the production of passenger car armrest**

#### **ANNOTATION:**

This diploma thesis deals with the innovation of manufacturing equipment for the production of the armrest of the car. The work contains the combined solution gripper mechanism and automated workplace, working without operator intervention. For the entire design process to construct was used innovative engineering methods. The proposed concepts have been selected winning variants and were optimized for DFX, FMEA and FEM.

Keywords: innovation, armrest, gripping mechanism, workplace, DFX, FMEA, MKP

## Poděkování

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu práce Doc. Ing. Vítězslavu Fliegelovi, CSc. za podnětné připomínky k této diplomové práci. Dále bych rád poděkoval konzultantovi Milanovi Jarošovi za cenné rady spojené s konstrukcí nového zařízení. Nesmím opomenout ani poděkování rodině, která mi byla podporou při studiu.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

*Vznik tohoto materiálu byl podpořen v rámci projektu OP VK (CZ 1.07/2.2.00/07.0291) „In-Tech 2“ spolufinancovaného Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem ČR.*

*Realizace projektu: 2009-2012*

*Partneři projektu: Technická univerzita v Liberci – Škoda Auto a.s. – Denso MCZ s.r.o*

*Manažer projektu: Doc. Dr. Ing. Ivan Mašín.*



## Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů .....	11
1. ÚVOD .....	12
2. CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE .....	13
2.1. Představení společnosti Fehrer, Fehrer Bohemia s.r.o. ....	14
2.2. Historie firmy .....	14
2.3. Představení úkolu .....	16
2.4. Mechanizace vs. Automatizace .....	17
2.4.1. Co je to automatizace? .....	17
2.4.2. Co automatizace umožňuje? .....	17
2.4.3. Co z automatizace vyplývá? .....	18
3. POŽADAVKY NA INOVACI V OBLASTI INTERIÉRU OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ .....	18
4. SOUČASNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ .....	19
4.1. Současný výrobní postup .....	22
4.2. Vlastnosti materiálů loketních opěrek .....	24
4.2.1. Povrch z textilie .....	24
4.2.2. Povrch ze syntetické kůže (koženky) .....	25
4.2.3. Povrch z kůže .....	26
5. PLÁNOVÁNÍ INOVACE POMOCÍ PROJEKTOVÉHO ŘÍZENÍ .....	29
5.1. Životní cyklus projektu .....	29
5.2. Vize projektu .....	31
5.3. Před – projektová fáze .....	31
5.4. Inkubační doba .....	32
5.5. Zahájení projektu: Start – Up .....	32
5.6. Plánování projektu .....	32
5.7. Realizace projektu .....	33
5.8. Ukončení projektu: Close – Out .....	34
5.9. Po – projektová fáze projektu .....	34
6. PRŮZKUM ZÁKAZNICKÝCH POTŘEB .....	34
6.1. Interview se zákazníkem .....	34
6.2. Interpretace potřeb z interview .....	35
6.2.1. Afinní diagram interpretovaných potřeb .....	36
7. POTENCIÁL K INOVACI .....	37





7.1.	Harmonogram prací .....	37
7.2.	Průzkum konkurenčních výrobků .....	38
7.3.	Patentový průzkum .....	40
7.4.	Předpoklady k inovaci.....	41
7.4.1.	Zákaznické požadavky a současné řešení finální operace .....	41
7.5.	Inovační záměr .....	41
8.	NÁVRH VARIANT S VYUŽITÍM DOSTUPNÝCH TECHNOLOGIÍ.....	42
8.1.	Varianta č. 1 .....	42
8.2.	Varianta č. 2 .....	43
8.3.	Varianta č. 3 .....	44
8.4.	Varianta č. 4 .....	46
8.5.	Varianta č. 5 .....	47
8.6.	Varianta č. 6 .....	48
8.7.	Hrubé roztřídění .....	49
8.8.	Detailnější vyhodnocení.....	50
8.9.	Návrh uchopovacích prstů .....	52
8.10.	Varianta A .....	52
8.11.	Varianta B .....	52
8.12.	Varianta C .....	53
8.13.	Hrubé roztřídění uchopovacích prstů.....	53
8.14.	Detailnější vyhodnocení.....	54
8.15.	Vybraný koncept .....	54
9.	KONSTRUKCE UCHOPOVACÍHO MECHANISMU A PRACOVISTĚ .....	55
9.1.	Popis použitých dílů.....	58
9.1.1.	Konstruované díly .....	58
9.1.2.	Zvolené nakupované díly .....	60
9.1.3.	Nakupované díly, stroje, zařízení v pracovišti .....	60
9.2.	Technická data, uchopovací síla .....	62
9.3.	Analýza MKP uchopovacích prstů .....	63
9.4.	FMEA .....	66
10.	SROVNÁNÍ INOVOVANÉHO ZAŘÍZENÍ SE SOUČASNÝM STAVEM.....	67
10.1.	Zhodnocení z hlediska požadavků zákazníka .....	67
10.2.	Design for X.....	68
10.2.1.	Design for Assembly.....	68
10.2.2.	Design for Disassembly .....	69



---

11.	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	71
12.	ZÁVĚR .....	72
	Seznam obrázků .....	74
	Seznam tabulek .....	76
	Použitá literatura .....	78
	Seznam příloh .....	80

## Seznam použitých zkratk a symbolů

Označení	Jednotka	Název veličiny/popis
a	h	Optimistický odhad doby trvání úkolu
ABS – PC		Acrylonitril butadien styren – Polycarbonát
ANSI		Americká norma
Cr		Chrom
ČSN		Česká státní norma
de	h	Očekávaná doba trvání etapy úkolu
DFA		Design for Assembly
DFD		Design for Disassembly
DFE		Design for Environment
DFX		Design for X
DIN		Německá norma
E	MPa	Modul pružnosti v tahu
F10		Firemní označení vozidla
FMEA		Failure Moode & Effects Analysis
F	N	Síla
HRC		Měření tvrdosti podle Rockwella
$M_K$	Nm	Točivý moment
MKP		Metoda konečných prvků
Mo		Molibden
mn	h	Nepravděpodobnější odhad doby trvání úkolu
Ni		Nikl
Obr.		Obrázek
OECD		Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj
P	bar	Pracovní tlak
PERT		Metoda pro odhalování doby trvání úkolu
POM		Polyacetát
r	m	Délka ramene
Re	MPa	Mez kluzu
S.M.A.R.T		Metoda pro identifikaci cíle
Tab.		Tabulka
UNI		Technická norma
$\sigma_{Ab}$	MPa	Dovolené napětí v ohybu
$\sigma_D$	MPa	Dovolené napětí
$\mu$		Poissonova konstanta

## 1. ÚVOD

V dnešní době je čím dál důležitější vzhled interiéru automobilu. Pryč jsou doby, kde byl interiér řešen hlavně funkčně a vzhled byl druhotným kritériem. Před rokem 2008, kdy propukla finanční krize, byly v automobilovém průmyslu používány v interiérech drahé měkčené plasty. Kvůli úbytku poptávky zákazníků bylo pro zmírnění krize nutné snížit náklady, a proto se začalo ještě více hledět na použité materiály a přemýšlet o ceně konstrukce. Výrobci se podařilo snížit ceny automobilů nejnižších tříd i pod hranici 200 tisíc korun (v akcích i pod 150 tisíc), což bylo před finanční krizí nemyslitelné.

Nyní, několik let po vrcholu finanční krize, měkčené plasty na přístrojových deskách a výplní dveří nalezneme spíše už jen u prémiových vozů. S touto filozofií se můžeme také setkat s použitými materiály na sedadlech či loketních opěrkách. Zde jsou materiály rozdělovány podle třídy automobilů. Pro majitele nižších až středních tříd jsou většinou použity textilie nebo syntetické kůže. Pokud se rozhodnou mít v interiéru kůži, musí počítat s investicí v příplatkové výbavě. Toto však neplatí u nejvyšších tříd automobilů, kde jsou použity jen prvotřídní materiály, se kterými zákazníci počítají. Takovým příkladem exkluzivních vozů je například automobilka Bentley, Maserati či Ferrari.

Další hrozbou pro evropské automobilky (a evropský průmysl obecně) jsou relativně levná auta korejských, čínských a indických výrobců, která se začínají dostávat na evropské trhy. Je proto nutné, více než kdy před tím, přemýšlet o ceně konstrukce a použitých materiálech tak, aby evropské automobilky obstály na trhu před asijskou konkurencí.

Z pohledu inovačního inženýra je finanční krize výzva pro uplatnění jeho znalostí k zefektivnění procesu výroby a snížení nákladů nebo k vývoji výrobku, kterým se podaří něčím oslovit zákazníka a firma tak získá výhodu před konkurencí. Firma neschopná dnešní silné konkurenci čelit, dříve nebo později zanikne, a proto je nutné se inovačnímu procesu věnovat systematicky.

## 2. CÍLE DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce je inovovaný návrh výrobního zařízení na výrobu loketní opěrky osobního automobilu. Práce bude obsahovat kombinované řešení uchopovacího mechanismu a automatizovaného pracoviště, pracující bez zásahu obsluhy. Konstrukce pracoviště bude řešeno bez ohledu na zástavbový prostor, jelikož se jedná o nahrazení lidského faktoru za plně automatizované pracoviště. Pro celý proces návrhu výrobku až po zkonstruování bylo využito metod inovačního inženýrství. Výsledný návrh bude optimalizován z hlediska DFX a FMEA. Součástí návrhu bude zároveň i provedení kontroly MKP hlavních namáhaných částí navrhnutého uchopovacího mechanismu, tak aby byla zajištěna stálá uchopovací síla při natažení rohu materiálu loketní opěrky.

Uchopovací mechanismus a zkonstruované pracoviště jsou části, které jsou zpracovány v této práci, mohou umožnit zákazníkovi nový pohled na výrobní proces při výrobě loketní opěrky. Jak bylo řečeno, jedná se o nahrazení lidského faktoru za plně automatizované pracoviště, a proto je zde kladen důraz zejména na bezpečnost a spolehlivost.

Inovace bude provedena tak, aby byly uspokojeny požadavky zákazníka, kterým je v tomto případě i zadavatel projektu, tím je společnost Fehrer s.r.o. Základní požadavky budou získány při interview se zaměstnanci této společnosti podílející se vývojem výrobního procesu loketních opěrek. Při návrhu bude brán ohled i na zvýšení produktivity za pomoci rychlejšího taktu stroje oproti lidské práci.

Úkolem je také seznámení se se současným stavem řešení uchopení a zasponkování rohu materiálu loketní opěrky, provedení analýzy současných řešení a trendů v této oblasti. Závěrem této diplomové práce bude obsahovat technickou dokumentaci a závěrečné zhodnocení celého procesu inovace. V závěru budou také uvedena doporučení k dalšímu podrobnějšímu zaměření.

## 2.1. Představení společnosti Fehrer, Fehrer Bohemia s.r.o.

Nadnárodní společnost, která byla založena v roce 1875 v Kitzingen, je mezinárodním specialistou automobilových součástek. Tato společnost je charakterizována mnoha orientovanými servisními středisky po celém světě a výrobními závody v těsné geografické blízkosti svých partnerů. Jako vývojář a dodavatel společnost Fehrer poskytuje vlastní a kompletní servis v celém hodnotovém řetězci a to od soukromého vývoje vhodných materiálových forem na inovativní techniky, tak po spolehlivou sériovou výrobu forem a nástrojů.

Společnost působí mezinárodně, a proto důsledně sjednotila svou strategii ke splnění požadavků na globálních trzích. Mimo Německo, kde Fehrer sídlí, je společnost zastoupena v České republice, USA, Číně, Maďarsku, Indii a Jižní Africe.

Fehrer Bohemia s.r.o. je hlavním specialistou na trhu pro pohodlí v interiérovém vybavení vozidla. Jako národní koncern má v České republice pobočky v České Lípě a Liberci s celkovým počtem 1000 zaměstnanců. Hlavní produkty společnosti tvoří tvarové díly z přírodních vláken a polyuretanové pěnové díly pro autosedačky a systémové díly pro interiéry osobních automobilů.

## 2.2. Historie firmy

Jak už bylo zmíněno, Fehrer je mezinárodní společností, ale už málo lidí ví, že se jedná o rodinnou společnost, kde její úspěchy jsou spojeny s inovativním duchem svých oddaných vedoucích, kteří se vždy snažili pochopit význam problému a porozumět mu.

### 1875-1903 ; Začátek: Friedrich Sigmund Fehrer

Dne 15. Září 1875, Friedrich Sigmund Fehrer zakládá „Erste Dampf – Rosshaarspinnerei FS Fehrer“, jednalo se o první párou poháněnou prádělnu na žíně. Tento materiál byl zpracováván a formován do vláken lana, dále se vyráběl jako čalounický materiál pro dílny a matrace.

### 1903-1948 ; Výstup: Heinrich Fehrer

V roce 1903, Heinrich přebírá společnost, svého otce. Pod jeho vedením je v roce 1920 společnost označována jako začátek výroby přírodního vlákna čalounění. Tento produkt otvíral cestu pro zcela nový trh, který změnil 20. století jako žádný jiný produkt

v automobilovém průmyslu.

Zavedením technologie pro výrobu pogumovaných sedadel začátkem roku 1930 společnost označuje milník, kdy obrátila svou pozornost na automobilový průmysl.

#### **1948-1989 ; Nový začátek: Rolf Fehrer**

I navzdory druhé světové válce, která velmi oslabila společnost, se stále snaží udržet své standardy. Musela pohotově reagovat na rychle se rozvíjející automobilový průmysl a tím společnost odpověděla svými pogumovanými sedačkami, které se rychle stávají standardem. Fehrer reaguje neustále a tím rozvíjí výrobní technologii pogumovaných sedaček dále.

V polovině šedesátých let, na začátku „plastové éry“, se Fehrer mění na společnost, která disponuje novou tvarovou pěnovou technologií. Tento krok ve směru vývoje umožňuje společnosti nezávislost.

Pod vedením Rolfa Fehrera se společnost začíná dostávat na Evropský trh.

#### **1989-2007 ; Internacionalizace: Claus Fehrer**

V tomto období přebírá společnost Claus Fehrer, kde společnost pod jeho vedením úspěšně pokračuje v evropském prorážení trhu. Díky Clausovi Fehrerovi bylo vytvořeno mnoho dceřiných společností na různých kontinentech, tím bylo dáno jasné znamení internacionalizace. V současné době mnoho dceřiných společností a společných podniků patří do skupiny Fehrer.

#### **2007 – současnost; Nový směr**

Ve spolupráci s dalšími partnery byla společnost nadále hnána kupředu ve stejném duchu, jako tomu bylo od prvního dne jejího založení. Díky odhodlanosti se společnost stává specialistou na interiéry vozidel, pohodlí, bezpečnost a kvalitu. Tyto faktory byly od prvopočátku nejvyššími prioritami této společnosti. Její kreativita a zkušenosti napomáhaly vytvářet průkopnické a tržně orientované služby, které šly vstříc požadavkům svým zákazníkům. [1]

V roce 2010 společnost Fehrer vypracovala pro své vedoucí pracovníky zcela nové směrnice pro optimalizaci hodnot. Bylo tak učiněno proto, že automobilový průmysl je celosvětově organizovaný a intenzivně využívá mezinárodní dělbu práce. S tím jsou spojeny neustálé změny, které člověka mohou pobízet, ale také znejistit. Změna je pro všechny výzvou a příležitostí, kterým musí společnost čelit. To vyžaduje, aby byla v tomto ohledu optimalizována celá tvorba hodnot, aniž by společnost pouštěla ze zřetele zachování hodnot

a osvědčených prostředků. Proto pro své vedoucí pracovníky společnost Fehrer tyto myšlenky shrnula a označila pod pojmem „FLOW“ (Fehrer Leitlinien zur Optimierung der Wertschöpfung = Fehrer Guidelines to optimize the value added = Fehrer Pokyny pro optimalizaci přidané hodnoty).

### 2.3. Představení úkolu

V současné době v České Republice se výrobou interiéru automobilů zabývá patrná část firem, ale ne všechny mají technologie, které by usnadnily, ba dokonce zvýšily produktivitu. Některé firmy vlastní konstrukční vývoj pro výrobu interiérových prvků prakticky nemají, a pokud ano, využívají reverzního inženýrství na výrobních linkách od velkých nadnárodních společností jako je BMW, Mercedes či špičky v oboru Ferrari nebo Bentley, jejichž výrobní úseky mohou posloužit jako etanol pro zkušenosti v dané oblasti.

Je to především dáno tím, že jmenované nadnárodní společnosti mají vlastní vývoj celého automobilu, který určuje, jak by měl daný výrobek vypadat, jaký by měl mít tvar a jakou technologií by měl být zpracován. Vývoj v interiérech i exteriérech automobilů je v současné době velice bouřlivý. V exteriérech byl významný krok vpřed implementováním LED diod do denního osvětlení automobilů a u interiérů se tento krok odehrával hlavně v autosedačkách, kde byly přidány ventilátory, které mají za funkci nejen cirkulovat teplý vzduch po celé ploše sedačky, ale i odvětrávat a chladit.

Společnost Fehrer, jak v úvodu bylo řečeno, je hlavním specialistou na trhu v interiérovém vybavení vozidla. Pod vedením této společnosti byl v roce 2011 schválen záměr inovovat výrobní proces výroby loketní opěrky automobilu finální operace zasponkování rohů loketní opěrky, kde tato diplomová práce je zaměřena na nahrazení lidského faktoru za zcela automatizované pracoviště, bez zásahu obsluhy. Nejprve proběhly první studie v rámci spolupráce s Technickou Univerzitou v Liberci v podobě semestrálních prací, které byly rozčleněny do dvou semestrů, a po zkušenostech v dané oblasti bylo stanoveno téma této diplomové práce. Předpokládá se, že nabídnuté automatizované pracoviště bude splňovat veškeré požadavky společnosti Fehrer. Dále se také předpokládá zvýšení produktivity práce a snížení výrobních nákladů, protože toto jsou jedny z hlavních faktorů pro udržení společnosti na trhu.

Automatizované pracoviště má nesporné výhody, ale i nesporné nevýhody. V konstrukční části této diplomové práce bude využito výhod technologie uchopovacích



hlavic a bude nutné minimalizovat nevýhody. Nevýhody jsou dány především zástavbovým prostorem, fyzikálními zákony, jako je uchopení rohu materiálu a dále jeho natažení, aby mohlo dojít k operaci zasponkování. Proto je nejen nutné soustředit se na inovaci v oblasti konstrukce uchopovacích mechanismů, ale také na použití vhodných konstrukčních materiálů. Kombinováním naplňování inovace pomocí projektového řízení a analýzy konstrukčního řešení bude vhodné nasměrování inovace žadaným směrem.

## 2.4. Mechanizace vs. Automatizace

Páka – kolo – vozík – konvenční stroj – tak lze zjednodušit vývoj postupného nahrazování lidské ruční, fyzické práce stroji. Toto jsou pomyslné vývojové mezníky **mechanizace**, která je charakterizována především snahou po snížení fyzické námahy při ruční práci.

Dorazy – vačky – děrné štítky – počítače – tak lze podobně zjednodušit mezníky navazujícího rozvoje **automatizace**, jakožto vývojového období, v němž mimo humanizace práce a zvýšení výkonů dochází především ke snížení námahy lidského mozku a související celkové práce duševní...“ [2]

### 2.4.1. Co je to automatizace?

*„Automatizace je proces vývoje techniky, kde se využívá automaticky pracujících zařízení k osvobození člověka jak od fyzické, ale zejména od duševní řídicí práce.“*

Za splnění ideálního předpokladu tzv. komplexní automatizace by teoreticky mohlo dojít až vyřazení člověka z příslušného výrobního procesu. V praxi se prozatím jeví tato možnost jako neuskutečnitelná... [2]

### 2.4.2. Co automatizace umožňuje?

- 1) Posouvá kontrolu, řízení a regulaci technologie od manuálního ovládání k řídicím a manažerským činnostem
- 2) Zvyšuje nároky na kvalifikaci personálu

### 2.4.3. Co z automatizace vyplývá?

- 1) Technologie přestává být řízena jen na základě zkušeností jednotlivých lidí – reálně je otázkou signálů, dat a informací a jejich zpracování
- 2) Technologie přestává být ovládána jen člověkem a jeho mozkem → stále více řídicích funkcí přebírá automat a stává se mozkem technologie
- 3) Role člověka se posouvá od konkrétních manuálních činností do koncepční práce
- 4) Provozovatel nemusí detailně znát nástroje automatizace, ale především potřeby výrobní technologie [3]

## 3. POŽADAVKY NA INOVACI V OBLASTI INTERIÉRU OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ

V současné době je výroba osobního automobilu tvořena mnoha obory, do kterých spadá strojírenství, elektrotechnika, designerství a další vědecké disciplíny. Ve většině případů pro splnění požadavků na inovaci jsou mnohdy již zmíněné obory zkombinovány. V případě této diplomové práce je propojení několika oborů nevyhnutelné ba přímo nutné. Tato práce se bude zabývat převážně strojírenskou částí.

V první řadě je nutné definovat „inovaci“ – OECD definuje inovaci jako implementaci technologicky nového produktu nebo procesu, tyto typy technologických inovací zahrnují řadu vědeckých, technologických, organizačních, finančních a komerčních aktivit. Další možná definice „inovace“ – zavedení pokrokové kvalitativní změny v podobě nové kombinace výrobních faktorů umožňující novým způsobem uspokojit potřeby zákazníků. Spíše ekonomická definice „inovaci“ – novátorský tvůrčí čin v podnikání a řízení ekonomiky, který novým způsobem kombinuje výrobní faktory a (nebo) uskutečňuje změny v kvalitě a produktivitě jednotlivých výrobních faktorů či výrobků. [4]

Inovace jsou důležité pro firmy, ale i pro zákazníky. Na základě různých průzkumů od zákazníků jsou stanoveny požadavky na inovace a následně firmy reagují implementováním inovací do svých výrobků a sledují, jak zákazníci na ně reagují. Vhodná inovace vytvoří konkurenční výhodu a může, tak rozhodnout o osudu nejen výrobku, ale i bytí či nebytí firmy. Je tedy nutné věnovat pozornost získání informačních požadavků od potenciálních zákazníků a správně nasměrovat směr inovací a jejich implementaci do výrobků či procesů. Pro naplňování inovace od vize ke zhotovenému prototypu se využívá projektové řízení. [5]

V interiérové a exteriérové technice v současné době mezi automobilkami probíhá bouřlivý vývoj, kde jsou kladeny hlavně požadavky na inovaci, jako jsou úspory provozních energií, ekologičnost výrobku či lepší ekonomičnost, zvýšení bezpečnosti při používání výrobků, celková spolehlivost automobilu a mnohé další požadavky. V době globalizace je možné identifikovat tyto primární cíle u inovací a to vysokou kvalitou (vysoká hodnota). [4]

V první řadě jsou inovace v oblasti interiéru vidět především ve zvolených materiálech. V automobilovém průmyslu jsou k dostání materiály (textilie, syntetická kůže, kůže, alcantara apod.) přímo určeny do jednotlivých tříd osobních automobilů. Pokud si zákazník hodlá pořídit luxusní automobil, jen stěží si v dnešní době dokáže představit, že by se interiér skládal z tvrdých a laciných plastů či palubní deska, opěradla a sedadla byla potažena textilií určena pro automobily nižší až střední třídy. V neposlední řadě je srdce interiéru jeho celkový dojem, který ve většině případů rozhoduje, zda se zákazník rozhodne pro tu či onu verzi automobilu. Jednotlivé požadavky na inovace budou dále rozebírány v jednotlivých kapitolách.

Pokud v současné době a v budoucnu firma chce zůstat konkurence schopná na celosvětovém trhu, musí neustále inovovat své stávající výrobky a mít inovace i vyššího řádu jako vytváření nových výrobků a dokonce celých řad. Inovace musí směřovat na požadavky zákazníků, jen tato cesta vede k tomu, aby měl zákazník zájem o nový automobil resp. nový design a nově zvolené materiály jak v interiéru, tak i exteriéru. [4]

Dnes již výraznější inovace nejsou většinou dílem jednotlivců, ale multiprofesních odborných týmů a požadavky na inovace v ostatní technické obory se dostávají do podobného tlaku jako oblast automobilového průmyslu, a proto je nutné podrobit inovace různými analýzami či metodami, které zkoumají danou inovaci, před její implementací do života. Snižují se tak možná rizika ve výrobě již v době návrhu, náklady i čas uvedení produktu na trh.

## 4. SOUČASNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Současné konstrukční řešení loketní opěrky obsahuje 41 dílů. Jmenovitý seznam dílů je v originále, s firemními zkratkami a znaky, který je uveden v Tab. 1. V tabulce je také uvedena četnost jednotlivých dílů v sestavě loketní opěrky. Tato loketní opěrka je pro automobil značky BMW s firemním označením F10, neboli BMW řady 5 s M Packetem.

Na Obr. 1 je 3D model plastového spodního dílu loketní opěrky, který je uveden v Tab.

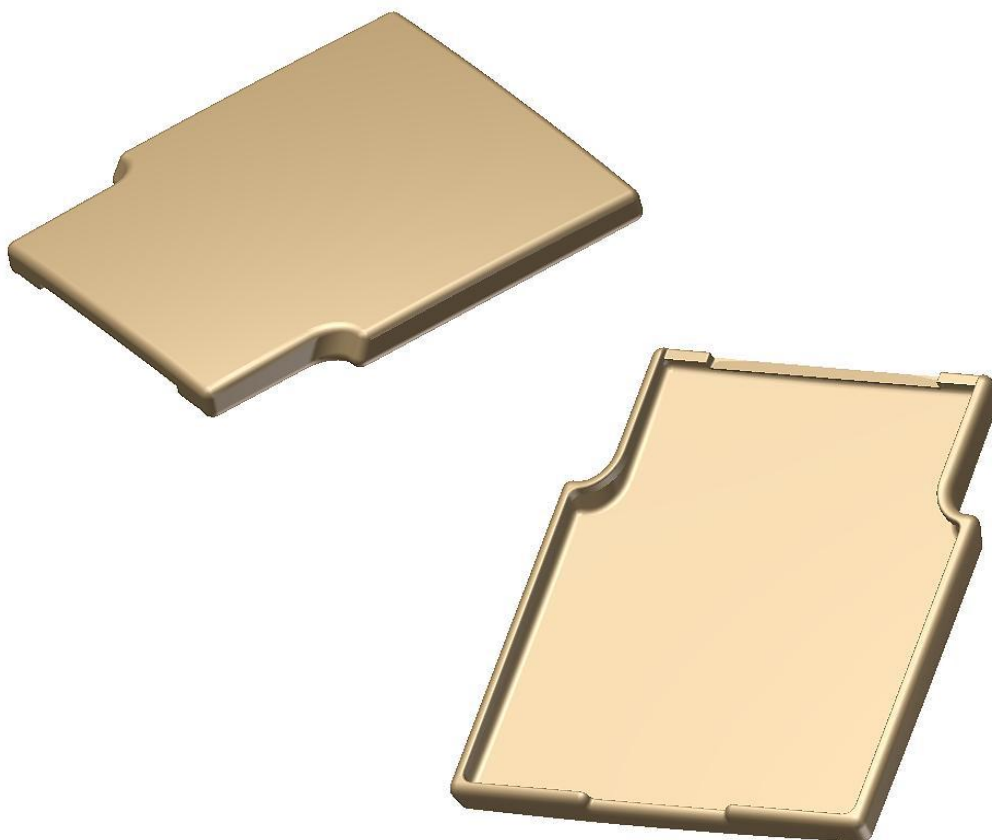
1 na čtvrtém řádku – **Plastový díl spodní dlouhý LL F10 Miko** (celkový název dílu).

	Originální název	počet
1	<b>ZB DK F10 Miko LL Dakota – S schwarz</b>	<b>1</b>
2	<b>ZB DK F10 Miko LL levé Dak – S schwarz</b>	<b>1</b>
3	<b>DK F10 Miko LL le/dl Dakota – S schwarz</b>	<b>1</b>
4	<b>Plastový díl spodní dlouhý LL F10 Miko</b>	<b>1</b>
5	<b>Gumová lišta levá F10 Miko Deckel</b>	<b>1</b>
6	<b>Sponka 71/5 F10, F07Miko, BR451</b>	<b>3</b>
7	<b>SikaMelt 9630N 2,5Kg Decke</b>	<b>0,007 Kg</b>
8	<b>F10 Miko Filz 2285 schwarz (20x13x3mm)</b>	<b>1</b>
9	<b>ZB víko pravé F10 Miko LL DakS shwarz</b>	<b>1</b>
10	<b>DK F10 Miko LL pr/kr Dakota – S schwarz</b>	<b>1</b>
11	<b>Plastový díl spodní krátký LL F10 Miko</b>	<b>1</b>
12	<b>Gumová lišta pravá F10 Miko Deckel</b>	<b>1</b>
13	<b>Sponka 71/5 F10, F07Miko, BR451</b>	<b>3</b>
14	<b>SikaMelt 9630N, 2,5kg, F07/F10 Miko</b>	<b>0,007 Kg</b>
15	<b>F10 Miko Filz 2285 schwarz (20x13x3mm)</b>	<b>1</b>
16	<b>ZB pěnový díl le/pr LL F10 Miko pro umbg</b>	<b>1</b>
17	<b>ZB pěnový díl le/pr LL F10 Miko</b>	<b>1</b>
18	<b>ZB Spange F10 LL Dakota – S schwarz</b>	<b>1</b>
19	<b>Spange F10 Miko LL Dakota – S schwarz</b>	<b>1</b>
20	<b>SikaMelt 9632 20kg Fass – F10 Spange</b>	<b>0,012 Kg</b>
21	<b>Spange LL F10 Miko</b>	<b>1</b>
22	<b>Osa dlouhá zadní F10 Miko</b>	<b>2</b>
23	<b>Osa krátká přední F10 Miko</b>	<b>2</b>
24	<b>Rotační tlumič F10 Miko D-Form</b>	<b>2</b>
25	<b>Pružina vinutá levá F10 Miko</b>	<b>1</b>
26	<b>Pružina vinutá pravá F10 Miko</b>	<b>1</b>
27	<b>Rám MAL LL F10 Miko</b>	<b>1</b>
28	<b>Šroub 4,0 x 16 KNIPPING F10 Miko</b>	<b>3</b>
29	<b>Kryt pantu dlouhý LL F10 Miko</b>	<b>1</b>
30	<b>ZB zámek LL F10 Miko</b>	<b>1</b>
31	<b>Nosič zámků LL F10 Miko</b>	<b>1</b>
32	<b>Kyvná páka malá LL F10 Miko</b>	<b>1</b>
33	<b>Kyvná páka velká LL F10 Miko</b>	<b>1</b>

34	<b>Tlačítko spodní díl F10 Miko</b>	<b>1</b>
35	<b>Ozubené kolo LL F10 Miko</b>	<b>1</b>
36	<b>Ozubený hřeben LL F10 Miko</b>	<b>1</b>
37	<b>Pružina pro tlačítko F10 Miko</b>	<b>1</b>
38	<b>Gumový doraz pro kyv. Páku F10 Miko</b>	<b>2</b>
39	<b>Osa zámku F10 Miko</b>	<b>1</b>
40	<b>Pružina pro kyvnou páku F10 Miko Deckel</b>	<b>1</b>
41	<b>F10Miko filz Scharnierblende (50x15x0,8)</b>	<b>1</b>
<b>Celkový počet dílů</b>		<b>48</b>

*Tab. 1: Seznam dílů na sestavě loketní opěrky*

Pro výrobu většiny plastových konstrukčních dílů je použitý materiál ABS – PC, který má výborné mechanické vlastnosti a zlepšenou tvarovou stálost za tepla. Dobrý je i poměr ceny a mechanických vlastností. Na plastový díl je použit plast ABS. Namáhané díly jako ozubené kolo, ozubený hřeben jsou z materiálu POM.



*Obr. 1: 3D model – plastový díl spodní dlouhý LL F10 Miko*

#### 4.1. Současný výrobní postup

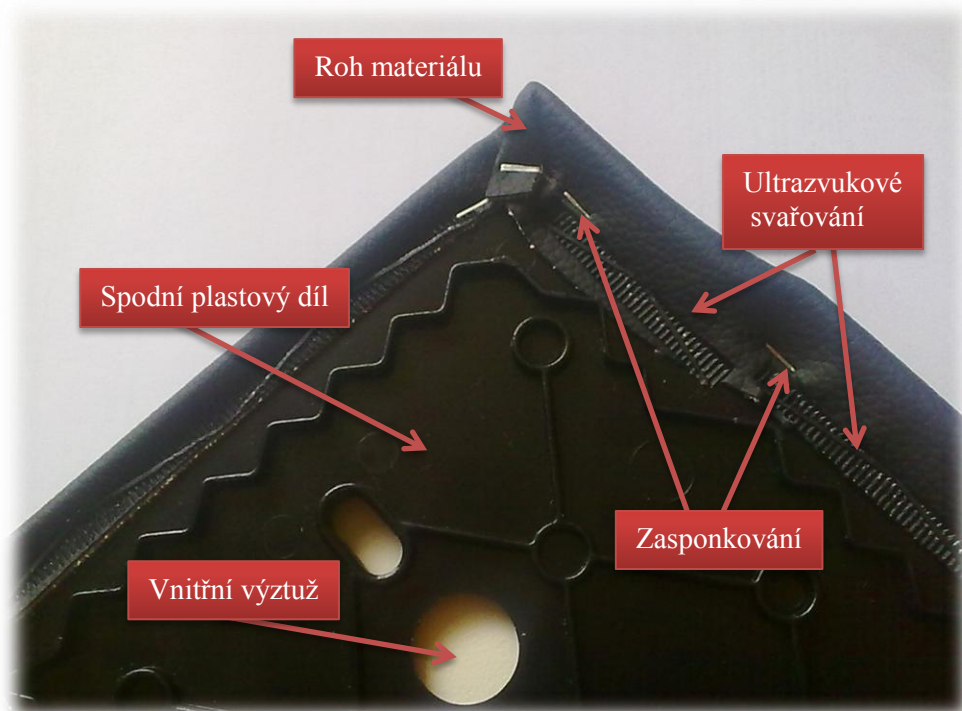
Výroba loketní opěrky je složena z několika operací, u kterých je vždy potřeba dodržet stanovené normy, tolerance, přítláčné síly, množství nanášeného lepidla a mnoho dalších faktorů ovlivňující celkovou kvalitu výsledného výrobku. Tyto normy jsou stanoveny společností Fehrer.

Sled operací pro výrobu loketní opěrky:

- 1) Ustanovení spodního plastového dílu do strojové šablony
- 2) Nalisování vnitřní výztuže na spodní plastový díl
- 3) Nanesení lepidla na zvolený druh materiálu (textilie, koženka nebo kůže) opěrky a jeho následné přilepení.
- 4) Strojové ohnutí povrchu do vnitřní (nepohledové) strany budoucí loketní opěrky
- 5) Po celém obvodu je provedeno ultrazvukové svařování materiálu (textilie, koženka nebo kůže) se spodním plastovým dílem – bez rohů
- 6) Zasponkování materiálu (textilie, koženka nebo kůže) – bez rohů
- 7) Ruční natažení a ohnutí rohů
- 8) Zasponkování rohů

Operace v krocích 1-6 jsou prováděny zcela automatizovaně. Pouze operace 7 a 8 jsou prováděny za pomoci lidského faktoru, který je potřeba také plně zautomatizovat a tím se i tato diplomová práce bude dále zabývat.

Dále na Obr. 2 je uveden podrobný popis části loketní opěrky, která je zadána pro inovaci této diplomové práce.



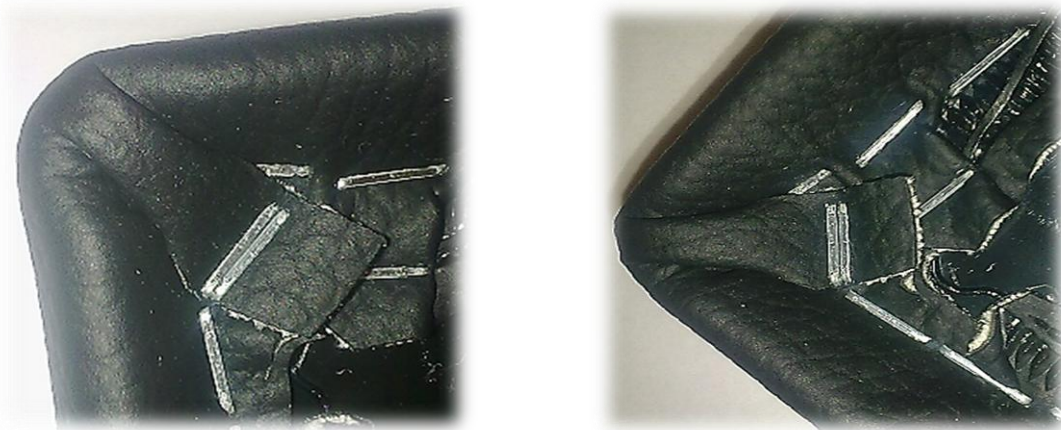
Obr. 2: Detail místa zasponkování rohu na části loketní opěrky

V současné době je uchycení rohu prováděno pracovníkem, který roh uchopí mezi palec a ukazováček. Tento způsob je velmi individuální a nepraktický. Jelikož cíl společnosti je dosažení minimálních výrobních nákladů a minimum odřezků materiálů, jsou tyto rohy velice malé k uchopení a pracovníci s touto operací mají obtíže. Dále tento způsob může způsobit jak nepřesné uchycení rohu, tak i ztížení následné operace zasponkování z mnoha důvodů, jako mohou být velké prsty pracovníka. Dále je toto řešení z časového hlediska velmi neproduktivní, a proto je cílem takové úkony nahrazovat automatizovanými prvky, které se obejdou bez zásahu obsluhy a mohou tento proces provádět nepřetržitě po celou pracovní dobu.



Obr. 3: Uchycení rohu materiálu loketní opěrky

Z Obr. 3 je zřejmé, že uchycení rohu materiálu je velmi obtížné. Pracovník musí vyvinout takovou sílu, aby nejen materiál uchopil, ale dále natáhl na takovou délku, aby bylo možné jej zasponkovat na nepohledové části plastového spodního dílu. Přitom, musí dbát na přesné a šetrné natažení, aby nedošlo k porušení materiálu, ať už se jedná o textílii, koženku nebo kůži. Na Obr. 4 je detail správného zasponkování.



*Obr. 4: Detail zasponkovaného rohu materiálu*

## **4.2. Vlastnosti materiálů loketních opěrek**

Podle charakteristických rozměrů jsou osobní automobily rozděleny do tříd. V současnosti je možné pozorovat tendence neustálého nárůstu jak velikosti automobilů, tak výkonu jejich motorů. Hranice jednotlivých tříd se proto neustále posunují.

V tomto rozdělení do tříd jsou zahrnuty i výbavy jednotlivých automobilů. V této kategorii se výrobci aut snaží zaujmout svého potencionálního zákazníka na různé prvky, jako je audio systém, elektrické stahování oken, klimatizace apod. Tuto výbavu si samozřejmě zákazník může nadefinovat sám a je tomu tak i s výběrem materiálů pro sedačky, zavazadlového prostoru nebo právě loketní opěrky.

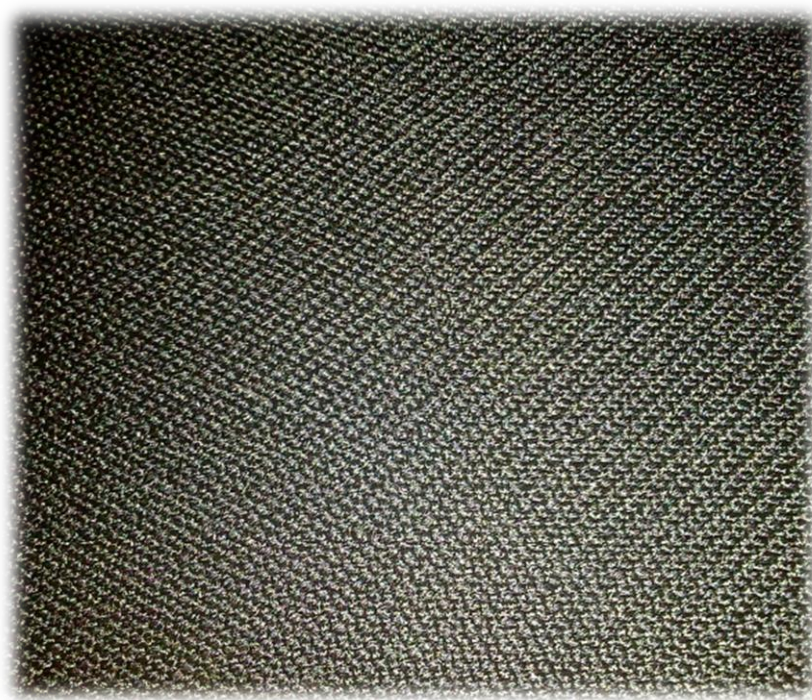
Na výběr je ze tří druhů materiálů (viz Obr. 5, 6, 7):

### **4.2.1. Povrch z textílie**

Ve většině automobilů nižší až střední třídy se vyskytují potahy (povrchy) tkané, a to z důvodů jejich dobrých uživatelských vlastností a nízkých výrobních nákladů. Z tkanin jsou



vyrobeny hlavní dílce sedáku, hlavové opěrky a loketní opěrky. Tyto potahy jsou vyrobeny v keprové, atlasové, ale i plátové vazbě ze syntetických přízí.[6]



*Obr. 5: Povrch z textilie*

#### **4.2.2. Povrch ze syntetické kůže (koženky)**

Syntetické kůže jsou novodobé umělé materiály, jejichž základní složkou jsou makromolekulární plastické látky, tedy plasty. Vzhledem k tomu, že jsou tyto materiály v řadě svých vlastností plně srovnatelné s přírodními kůžemi, stávají se postupně významnou součástí surovinové základny různých průmyslových odvětví, jako je například automobilový průmysl.

Ve srovnání s přírodními kůžemi, patří mezi největší přednosti syntetických kůží dobrý vzhled za všech povětrnostních podmínek, nenáročná údržba, vysoká odolnost proti vodě (až dvacetkrát vyšší než u přírodních kůží) a vysoká životnost.

Mezi jejich nedostatky patří především menší odolnost vůči teplotě (působením vyšších teplot se stává syntetická kůže tvárnou, naopak v mrazech křehne a láme se) a má poměrně omezené hygienické vlastnosti. [6]



*Obr. 6: Povrch ze syntetické kůže (koženky)*

#### **4.2.3. Povrch z kůže**

Potahy z kůže se vyskytují zejména u luxusnějších automobilů, ale můžeme se s nimi setkat i v ostatních automobilech, pokud je má výrobce automobilů v příplatkové výbavě. Kůže musí vyhovovat svými vlastnostmi jak zpracovateli, tak i zákazníkovi.

Kůže k potahování autosedadel a opěrek je často z lící strany lakována polyuretanovou pryskyřicí, aby se zlepšila pevnost v oděru, ale zároveň snižuje prodyšnost kůže. Zpracování kůží podstoupilo určitou formu změny, aby se vyhovělo ekologickým požadavkům. Kůže je znakem luxusu, a takto potažená sedadla jsou velice drahá. Proto se kožená sedadla často kombinují s textilními materiály, anebo již zmiňovanou syntetickou kůží. Specifický zápach kůže také považuje většina zákazníků za znak luxusu, až na japonské zákazníky, kteří tento druh potahů neuznávají. [6]

*Obr. 7: Povrch z pravé kůže*

Dále bylo provedeno celkové srovnání mezi jednotlivými materiály, viz Tab. 2, které prezentuje výhody a nevýhody.

Materiál	Výhody	Nevýhody
Textilie	Nižší cena	Nižší životnost oproti kůži (náchylnější k poškození)
	Dobře sají pot	Nestálobarevnost
	Design (Široká škála barev, vzorů)	Náročnější údržba
		Nižší odolnost v oděru
Syntetická kůže	Vyšší prodyšnost, než kůže díky podkladové textilií	Nižší pevnost ve srovnání s kůží daná podkladovou textilií => nižší životnost, než kůže
	Nižší cena, než kůže	Náchylná k popraskání => nižší životnost, než kůže
Kůže	Vzhled	Chladivý efekt
	Dlouhá životnost	Nesají pot
	Snadná údržba	Menší prodyšnost oproti textilií
	Vhodná pro alergiky	Vyšší cena

*Tab. 2: Srovnání jednotlivých materiálů*

V tomto srovnání je patrné, že textilie má nižší pořizovací cenu, dobře saje pot a hlavním kladem tohoto materiálu, je možnost vybírat z obrovské škály jak barev, tak i vzorů. Pokud se však podíváme na nedostatky, je zde problém v nestálobarevnosti, která je způsobena opotřebením, ale také slunečními paprsky, které zapříčiní blednutí barvy. I přes to, že negativa tohoto materiálu jsou výrazná, stále jsou v žebříčku na prvním místě, co se týče použití v interiéru.

Dále ve srovnání je syntetická kůže, která je srovnávána především s kůží, díky podobným vlastnostem těchto materiálů. Mezi její hlavní pozitiva patří prodyšnost, která je vyšší, než u kůže a to díky podkladové textilií. Dále její pořizovací cena je nižší, tím pádem je možno tento materiál používat častěji v interiérech automobilů střední třídy. Ve srovnání s kůží, má i své nedostatky, které jsou především nižší pevnost. Jelikož se jedná, jak je výše uvedeno, o novodobé materiály, které se skládají z plastů, dochází k jejich oxidaci a tím jsou i náchylnější k popraskání. To má za vliv především nižší životnost, než je tomu u kůže.

Poslední materiál, který byl podroben srovnání, je kůže. Kůže je především používána v automobilech vyšší střední třídy až po luxusní automobily. Je to dáno především jejím vzhledem, který se i po čase nemění, tudíž i stálobarevnost je zajištěna. Je vhodná pro alergiky, její údržba je velice snadná, ale jako hlavní doména tohoto materiálu je dlouhá životnost. Jako předešlé materiály, které měly své nedostatky, je tomu i u kůže. Oproti textilií nebo syntetické kůži má menší prodyšnost, dále tento materiál nesaje pot a jeho pořizovací cena je vyšší, než u předchozích materiálů. Poslední nedostatek je spíše z hlediska komfortu. Pokud je zima, má kůže chladivý efekt, pokud je léto, je tomu naopak. Někteří zákazníci si právě pro tento nedostatek vyberou jiný materiál.

V Tab. č. 3 je uvedena rozměrová stálost pro materiály, které se používají v interiéru pro již zmíněný osobní automobil BMW řady 5. V této tabulce jsou dále uvedeny normy, kterými se společnost Fehrer řídí a v poslední řadě jsou uvedeny tolerance v procentech, které jsou obsahem norem.

ROZMĚROVÁ STÁLOST – Maßänderung		
BMW – Projekt F10		
	TOLERANCE	NORMA
Látka Tudor TL 9 159 627.6	≤ 1,5 %	PR 357
Dakota-S TL 169 300.6	≤ 6 %	AA – 0568
Saddle TL 9 169 300.3	≤ 6 %	AA – 0568
PVC TL 210 275.6	Nezkouší se	

Tab. 3: Rozměrová stálost materiálů

## 5. PLÁNOVÁNÍ INOVACE POMOCÍ PROJEKTOVÉHO ŘÍZENÍ

V této kapitole bude naplánován inovační proces loketní opěrky od vize k vyhotovení virtuálního pracoviště. Inovace je dostatečně jedinečná, složitá a nebude se opakovat, tím splňuje požadavky pro projektové řízení. Cílem projektového řízení je zajistit naplánování úspěšného projektu. [7]

Pomocí projektového řízení lze proces nejen zrychlit, ale dosáhnout také zapojení do projektu strany, které ovlivňují projekt. V projektovém řízení se vyskytuje mnoho metod a různých cest k dosažení požadovaného cíle. Proto je každý projekt jedinečný nejen svým obsahem, ale také formou jakou je prezentován.

Celý projekt prochází vždy svým životním cyklem. V případě této diplomové práce od vize nahrazené lidského faktoru za zcela automatizovaný, kde výsledkem bude konstrukční řešení pracoviště.

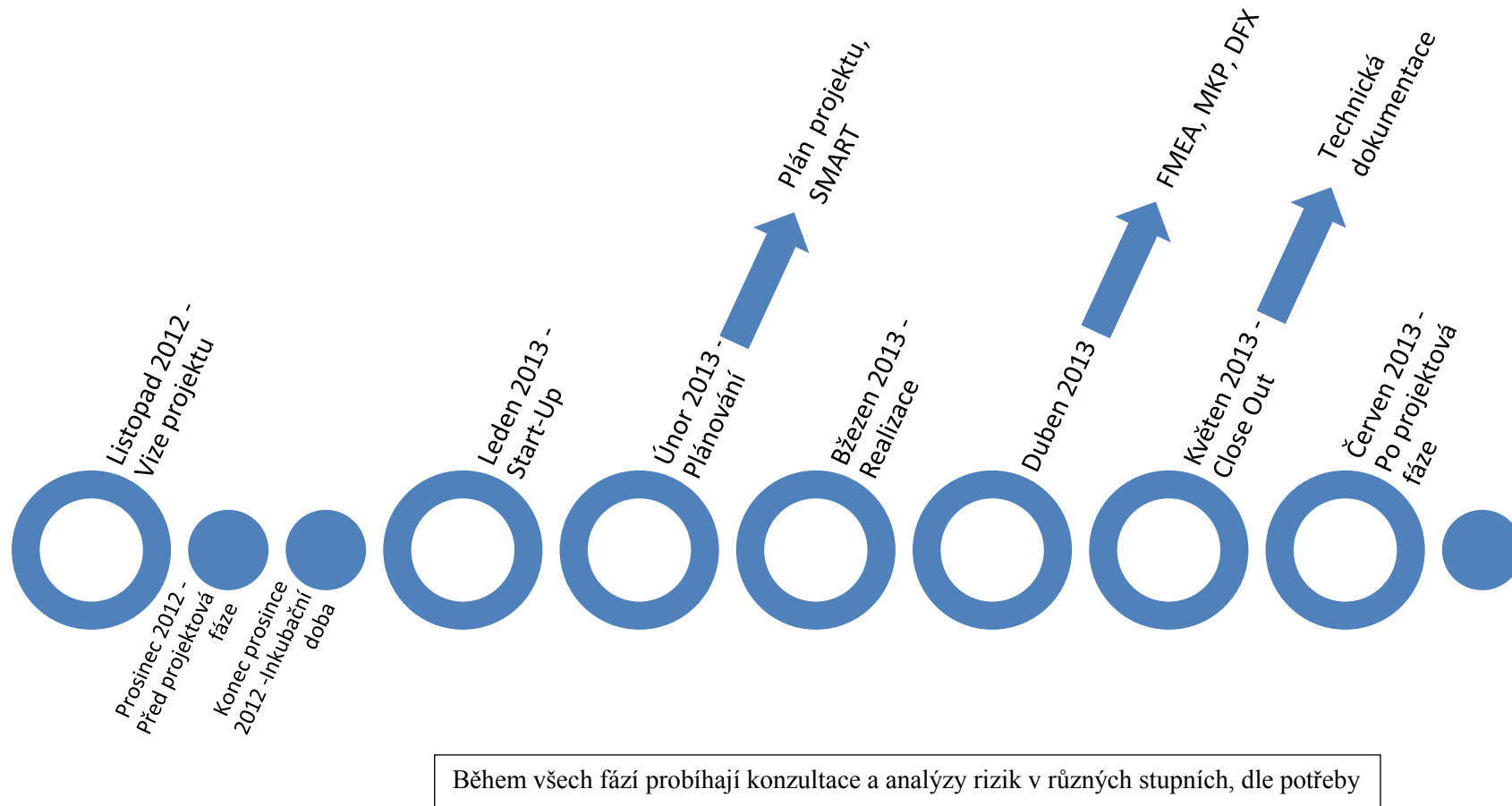
### 5.1. Životní cyklus projektu

*„Projekt je označován pro větší a komplexní záměr, který nespadá do operativní sféry, je důležitý, má omezené zdroje a je realizovaný po určitou, předem stanovenou dobu.“ [8]*

Jak již bylo zmíněno v předešlé kapitole, každý projekt má svůj životní cyklus. Pro přehlednost v projektu je nutné vytvořit grafické ztvárnění celého cyklu v časové vazbě – Obr. 8. V projektu se budou vyskytovat tyto fáze:

- 1) Vize
- 2) Před – projektová část
- 3) Zahájení: Start – up
- 4) Plánování
- 5) Realizace
- 6) Ukončení: Close – out
- 7) Po – projektová část





Obr. 8: Životní cyklus projektu inovace výrobního zařízení loketní opěrky

## 5.2. Vize projektu

Vize projektu je dána zadáním této diplomové práce. Inovovat výrobní proces loketní opěrky nahrazením lidského faktoru za zcela automatizované pracoviště pracující bez zásahu obsluhy. Dále představení animace pracoviště společnosti Fehrer, kde bude prezentován výrobní cyklus jednoho výrobku, tedy finální operace.

## 5.3. Před – projektová fáze

V před – projektové fázi je nutné se zaměřit na strategické úvahy, analýzy či případné studie. Tato fáze nesmí být v žádném případě podceňována, neboť zaměřením se na tuto fázi se může mnohé získat nebo naopak mnoho ztratit. V takovém případě neúspěchy mohou znamenat přibližně až 50% všech neúspěchů projektu.

Význam před – projektové fáze:

- Posoudit danou příležitost a prozkoumat možnost její realizace
- Způsob provedení této fáze ovlivňuje vlastní realizaci
- V mnoha případech připravenost jednotlivých fází rozhoduje o přidělení či nepřidělení zdrojů

nebo pokračování či ukončení projektu k dalším fázím

Otázky	Odpovědi
O jaký typ projektu se jedná?	Produktový projekt, interní vývoj, projekt s TU v Liberci
Předmět a rozsah projektu?	Inovování výrobního zařízení na výrobu loketní opěrky v rozsahu diplomové práce
Cíle projektu?	Viz metoda S.M.A.R.T. – Příloha 1
V jakém kontextu?	Zohlednění požadavků společnosti Fehrer a TU v Liberci
Výchozí podmínky?	Veškeré zdroje jsou dostupné, zadána diplomová práce
Výchozí předpoklady?	Nížší výrobní náklady, zvýšení produktivity, bezpečnost, spolehlivost, opakovatelnost
Zdroje financování?	Nejsou známy – jedná se o prvotní vývoj automatizovaného zařízení pro tuto operaci

Kritéria úspěchu?	Zhotovení uchopovací hlavice, obhájení konstrukčního řešení
-------------------	---

*Tab. 4: Základní otázky a odpovědi*

Ve složitějších případech jsou běžnou praktikou v této fázi provedené studie příležitostí a studie proveditelnosti. V kontextu složitosti a již schválení projektu pro inovaci výrobního procesu – schválení tématu diplomové práce, bude použito několik základních otázek a odpovědí, které jsou uvedeny v Tab. 4. V před – projektové fázi nebudou prováděny studie.

#### 5.4. Inkubační doba

Tato fáze je specifická v tom, že rozhoduje, zda bude projekt schválen či ukončen. Projekt ložetní opěrky byl v této fázi schválen, jak společností Fehrer, tak vedoucím diplomové práce. Jako schvalovací listina, ke spuštění projektu je považováno zadání diplomové práce.

#### 5.5. Zahájení projektu: Start – Up

Pro tuto fázi byl vypracován rámcový logický rámec projektu, dále byly určeny cíle projektu, jmenování členů týmů a v poslední řadě jmenování manažera projektu. Jmenování členů týmu je dáno zadáním diplomové práce:

- Manažer projektu (vedoucí diplomové práce): Doc. Ing. Vítězslav Fliegel, CSc.
- Člen týmu pro konzultace: Milan Jaroš
- Člen týmu pro plánování a zpracování: Bc. Martin Franc

Pro definování cíle projektu bylo využito metody S.M.A.R.T., která je v příloze 1.

#### 5.6. Plánování projektu

Jak už tento název kapitoly naznačuje, jedná se o naplánování celého projektu v duchu trojimerativu, který je uveden na Obr. 9. V této fázi je nutné provést věcnou dekompozici a odpovědět si na základní otázky projektového řízení. Tyto otázky jsou: Co? Kdo? Co a Kdo? Kdy? Za kolik? Co když? Včas provedené malé a nepříliš drahé plánování zabrání později mnoha velmi nákladným změnám. [9] Jelikož je obtížné rozhodnout, kolik plánování je zapotřebí, protože každý projekt je jiný, byl jako podpora pro řízení projektu využit Microsoft Project 2007. O tomto programu je dále zmíněno v kapitole 7.1.



Časový odhad trvání jednotlivých úkolů byl zvolen dle osobních zkušeností s využitím metody PERT, dle vztahu (1).

$$de = \frac{a + 4mn + b}{6} \quad (1)$$

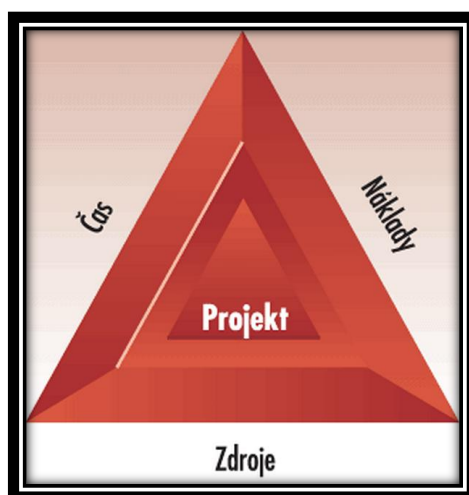
Kde:

de.....očekávaná doba trvání úkolu (dny, hodiny)

a.....optimistický odhad doby trvání úkolu (dny, hodiny)

mn .....nejpravděpodobnější odhad doby trvání úkolu (dny, hodiny)

b .....pesimistický odhad doby trvání úkolu (dny, hodiny)



Obr. 9: Trojimperativ

## 5.7. Realizace projektu

V této fázi se sleduje plnění jednotlivých úkolů, či splnění milníků, použití zdrojů a dalších záležitostí, vše v duchu dodržení trojimperativu. V případě, že se projekt pohybuje v daných mezích, není nutné zasahovat do naplánovaného projektu či vyvolávat krizové řízení projektu. Tato část projektu již není v zadání diplomové práce, a proto není řešena. [5]

## 5.8. Ukončení projektu: Close – Out

Uzavření projektu je považováno vyhotovením virtuálního automatizovaného pracoviště, které bude pracovat bez zásahu obsluhy. Bude provedena animace pracoviště, kde bude znázorněn cyklus jednoho výrobku. Dále bude vytvořen virtuální model úchopné hlavice.

## 5.9. Po – projektová fáze projektu

V po – projektové fázi projektu se řeší vyhodnocení projektu, případně ponaučení do dalších nejen obdobných projektů. Vyhodnocení projektu proběhne ve zkrácené míře v závěru této diplomové práce, dále při obhajobě diplomové práce a v poslední řadě prezentace modelu pracoviště a úchopné hlavice managementu společnosti Fehrer.

Jelikož se v této diplomové práci nejedná přímo o výrobek určený k inovaci, nýbrž nahrazení lidského faktoru za zcela automatizované proces, bylo nutné nahlížet na tento fakt z jiného pohledu, kde bude výsledkem výrobní zařízení, které bude pracovat plně automatizovaně, bez zásahu obsluhy.

Po získání obecných a technických informací, virtuálního i fyzického modelu a požadavků na výrobek, bylo možné dále rozvíjet a snáze generovat možné varianty, díky možnosti jej vidět jako reálný. Zároveň jsem si stanovil harmonogram projektu diplomové práce, dále jsem provedl průzkum patentů a vytvořil dotazník. Tyto části jsou popsány v kapitole 7.

# 6. PRŮZKUM ZÁKAZNICKÝCH POTŘEB

*Cílem všech metod musí být získání upřímného vyjádření potřeb a ne přesvědčit zákazníka o tom „co vlastně chce“. [4]*

## 6.1. Interview se zákazníkem

Jelikož se zde jedná o technologii, která bude použita pouze v rámci firmy, nedal se vytvořit plnohodnotný dotazník, který by směřoval k určené skupině lidí, případně potencionálním zákazníkům. Proto pro získání zákaznických potřeb probíhalo interview pouze s lidmi ve společnosti Fehrer. Aby bylo toto interview objektivní, byli pozváni

zaměstnanci této společnosti podílející se vývojem výrobního procesu loketních opěrek. Délka interview se pohybovala v délce 1 – 2 hodiny. Pro interview bylo připraveno celkem 7 otázek, které byly rozděleny do tří kategorií.

### 1. Kategorie

- *Co se vám líbí na loketní opěrce v automobilu?*
- *Co se vám nelíbí na loketní opěrce v automobilu?*

### 2. Kategorie

- *Co se vám líbí na současném řešení napínání rohu loketní opěrky?*
- *Co se vám nelíbí na současném řešení napínání rohu loketní opěrky?*
- *Jak si myslíte, že by šlo řešení napínání rohu loketní opěrky zlepšit, bez nahrazení automatizované výroby?*

### 3. Kategorie

- *Jaký by byl hlavní přínos automatizované výroby?*
- *Jaký by mohl být nedostatek automatizované výroby?*

## 6.2. Interpretace potřeb z interview

Pro interpretace zákaznických potřeb platí určitá pravidla, která popisuje Doc. Dr. Ing. Ivan Mašín ve své knize „Metody inovačního inženýrství“ [4]

- 1) Vyjadřuje zákaznické potřeby takovou formou, která popisuje co (vlastnost) a ne jak (řešení technologie výroby apod.)
- 2) Potřebu vyjádřete tak detailně, jak detailní je vyjádření zákazníka
- 3) Užívejte pozitivní formulace
- 4) Popište jednotlivé potřeby jako vlastnosti výrobků
- 5) Vyhněte se slovům, jako musí a měl by. [4]

Při interview se v několika odpovědích pracovníci shodli a interpretace jejich odpovědi je tedy shodná. V Tab. 5 jsou uvedeny data, která byla zpracována pomocí afinního diagramu zákaznických potřeb. V tabulce jsou již interpretované potřeby uspořádány do skupin. Potřeby budou zohledněny při návrhu inovace loketní opěrky.

### 6.2.1. Afinní diagram interpretovaných potřeb

*Získání dat zákazníků a jejich interpretace na potřeby může přinést stovky interpretovaných potřeb. Dalším krokem je proto logicky jejich uspořádání do různých úrovní významnosti. [4]*

#### Bezpečnost pracoviště

Bezpečnost pracoviště je na prvním místě

U úchopné hlavice je snadná montáž a následně i možnost snadné demontáže

Konstrukce pracoviště a úchopné hlavice je z kvalitních materiálů a dílů

#### Funkce konstrukce

Zpracování konstrukce je precizní

Úchopná hlavice má přesně definované trajektorie pohybu

Automatizovaná výroba je značně rychlejší, než lidská práce

#### Vlastnosti loketní opěrky

Loketní opěrka uleví řidiči při jízdě

Loketní opěrka má vynikající vyztužení

Vzhled loketní opěrky je atraktivní

#### Přínosy automatizovaného pracoviště

Stálost tlaku uchopení během celé pracovní směny

Konstrukce je takřka bezporuchová

Úspora na provozních nákladech

Získání zkušenosti v dané oblasti

Zvýší prestiž výrobní firmy

Nížší výrobní náklady

Tab. 5: Afinní diagram zákaznických potřeb

Při sestavování afinního diagramu v Tab. 5 byla brána v úvahu četnost odpovědí, ale také fakt, že zákazník často považuje některou vlastnost za samozřejmou. Proto byla tato skutečnost při zpracování diagramu brána v úvahu.

Například nižší výrobní náklady výslovně uvedl pouze jeden dotazovaný, ale zákazník považuje za samozřejmé, že náklady při inovaci produktu budou vždy menší, než stávající.

## 7. POTENCIÁL K INOVACI

*Inovace je zpravidla výsledkem lidské kreativity, přičemž základní charakteristikou je její podnikatelské využití – inovace musí vždy nabídnout zákazníkovi vyšší hodnotu. Jinými slovy vědecký či technický objev nebo organizační změna má charakter inovace pouze tehdy, jestliže se podnikatelsky zhodnotí a zvýší hodnotu nabízených produktů nebo služeb, čímž vede ke zvýšení výnosů z podnikání. Inovace je proto více než jen pouhá idea nebo kreativita, ta je v podstatě dovedností, zatímco inovace představuje proces, který začíná nápadem nebo představou, následují různé stupně vývoje, které vyústí do samotné implementace. [4]*

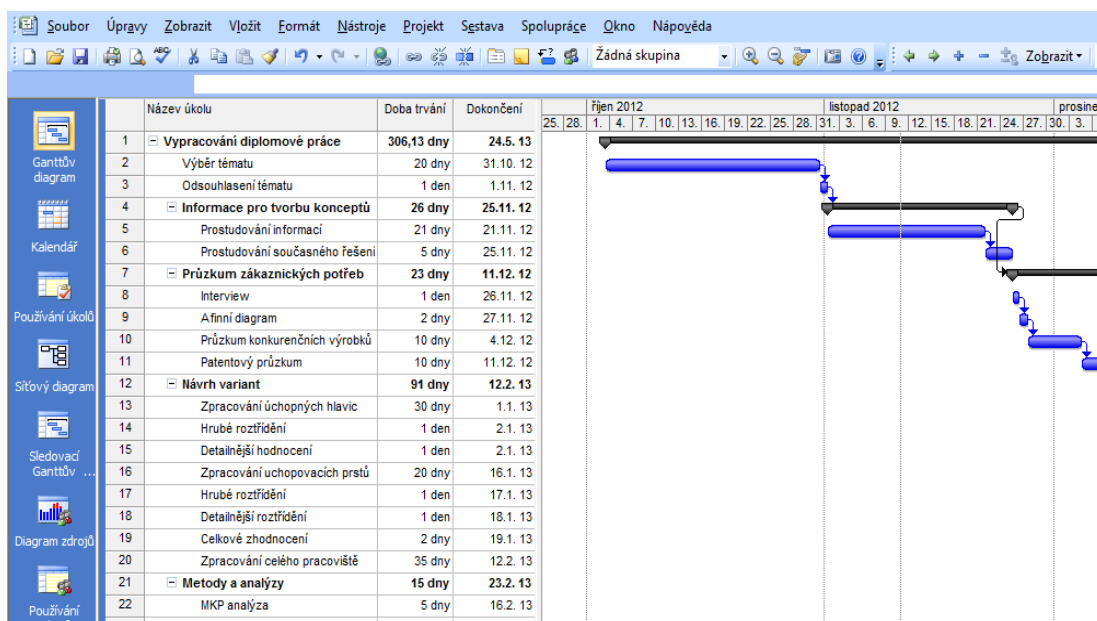
### 7.1. Harmonogram prací

Jak již bylo výše zmíněno, k této diplomové práci je přistupováno jako k projektu, a proto je nezbytné si stanovit harmonogram prací a definovat inovační záměr společně s inovačními příležitostmi.

Harmonogram činností je vytvořen pomocí software Microsoft Project 2007. Jako výchozí datum bylo nastaveno pevné datum před odevzdáním diplomové práce. Od tohoto data je zpětně plánován celý projekt diplomové práce. Program umožňuje zadávání a sledování plnění jednotlivých bodů projektu, případně dokáže úkoly přeplánovat. Část harmonogramu je na Obr. 10 v podobě Ganttova diagramu. Kompletní harmonogram je uveden v příloze č. 2.

Výrobek je určen výhradně do výrobního procesu společnosti Fehrer. Jelikož se jedná o nahrazení lidského faktoru za plně automatizované pracoviště, budou pořizovací náklady celého pracoviště vyšší, nicméně životnost a náklady na údržbu jsou nižší a po několika měsících se dá předpokládat návratnost investice. Také je zde nutno zahrnout, že uchopovací tlak tohoto zařízení bude stálý jak po dobu celé pracovní směny, tak i po dobu několika let.

Výhodou tohoto pracoviště by měla být vysoká produktivita, spolehlivost, opakovatelnost a také bezporuchovost.



Obr. 10: Část harmonogramu diplomové práce

## 7.2. Průzkum konkurenčních výrobků

Cílem každého průzkumu je získání specifikací a následně jejich porovnání se stávajícím produktem dané společnosti. V této diplomové práci toto řešení provést nelze, jelikož se jedná o nahrazení lidského faktoru za zcela automatizované pracoviště, které bude pracovat bez obsluhy. Toto pracoviště bude v této společnosti první svého druhu pro finální operaci zasponkování rohů materiálů loketní opěrky.

Jelikož v této diplomové práci bude modelována i konstrukce úchopné hlavice, bylo možné pomocí internetu a různých prospektů zjistit, zda-li se takové mechanismy už nevyrábějí. Takové mechanismy, které dokáží uchopit těleso či výrobek byly vyráběny společností př.: Pneumax Automation s.r.o., SMC Competence in Automation, Automatizace JDS – Prvky pro automatizaci, Rexroth Bosch Group (viz Obr. 11, 12, 13).

Podrobný list kompletního průzkumu trhu, včetně obrazové dokumentace je uveden v příloze č. 3. Z informací získaných tímto průzkumem (na internetových stránkách výrobců a jejich katalogích příslušenství) je možné stanovit 4 typy konstrukčního řešení, které výrobci úchopných hlavice používají.

- a) Úchopná hlavice s možností rotace kolem své osy
- b) Úchopná hlavice bez možnosti rotace kolem své osy
- c) Úchopné prsty pro vnější uchopení
- d) Úchopné prsty pro vnitřní uchopení
- e) Mechanismus na pneumatické ovládání

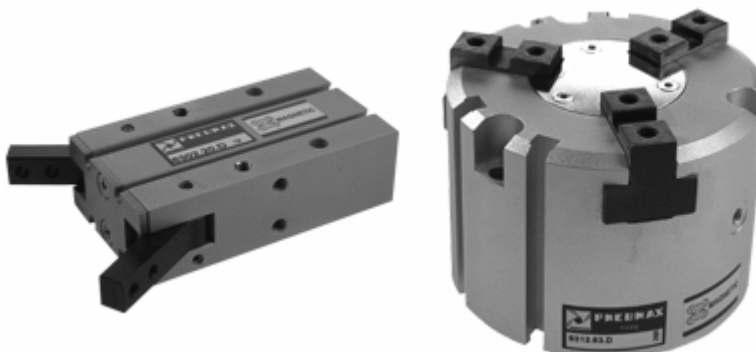
Jak je vidět v Tab. 6 všichni tyto výrobci používají pro pohyb úchopných prstů pneumatiku. Dále je znatelné, že výrobci používají velmi podobná řešení mechanismů. Mechanismy se však liší použitím vnitřní konstrukce pro ovládání úchopných prstů, které je možné vidět v již zmíněné příloze č. 3.



*Obr. 11: Uchopovací mechanismy od výrobce Rexroth Bosch Group[10]*



*Obr. 12: Uchopovací mechanismus od výrobce SMC Competence in Automation[11]*



*Obr. 13: Uchopovací mechanismus od výrobce Pneumax Automation s.r.o. [12]*

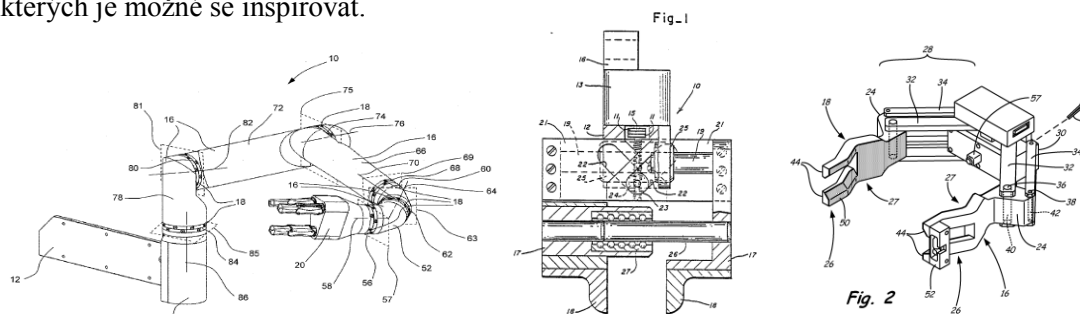
Výrobce	Úchopná hlavice s možností rotace kolem své osy	Úchopná hlavice bez možnosti rotace kolem své osy	Úchopné prsty pro vnější uchopení	Úchopné prsty pro vnitřní uchopení	Mechanismus na pneumatické ovládání
Rexroth Bosch Group	✓		✓		✓
SMC Competence in Automation		✓	✓	✓	✓
Pneumax Automation s.r.o.		✓	✓		✓

Tab. 6: Jednotlivé typy konstrukčního řešení

### 7.3. Patentový průzkum

Patentovým průzkumem se snažíme získat představu o vývoji řešené oblasti a seznámit se s tím, jak byla daná problematika řešena. Pro tuto analýzu je dostupných několik zdrojů. Některé z nich nabízí komplexnější služby, ale jsou zpoplatněné. Z volně dostupných má významnou pozici databáze patentů v ČR, kterou spravuje Úřad průmyslového vlastnictví a mnohonásobně obsáhlejší databáze Espacenet, kterou spravuje European Patent Office. [14] Dále z volně dostupné databáze je i Google Patents, na které byl proveden patentový průzkum pro tuto diplomovou práci.

Databáze Google Patents na dotaz „Robot gripper“ nabídne 160 patentů. Z této nabídky byly vybrány patenty, které řeší problematiku uchopení rohu materiálu loketní opěrky a jsou použitelné na konkrétním zadání této diplomové práce. Na Obr. 14 jsou uvedeny patenty, ze kterých je možné se inspirovat.



Obr. 14: Zleva: US 2011/0257786 A, EP 0241878 A, US 20120286533 A1[13]



## 7.4. Předpoklady k inovaci

V předchozích kapitolách bylo zjišťováno, které vlastnosti dle zákazníka (společnost Fehrer) by mělo mít pracoviště a úchopné hlavice. Dále bylo zjištěno, co zákazníkovi vadí na stávajícím řešení finální operaci zasponkování materiálu loketní opěrky a proč je potřeba toto řešení nahradit zcela automatizovaným pracovištěm. Pro získání představy, kam by se měl ubírat následný vývoj úchopných hlavic, bylo zanalyzováno několik výrobců, kteří se touto problematikou zabývají. V další řadě byl proveden patentový průzkum. [14] Z těchto poznatků bylo možné určit oblasti, kde je prostor pro uplatnění inovací a získání lepších vlastností výrobku.

### 7.4.1. Zákaznické požadavky a současné řešení finální operace

Zákaznické požadavky		Popis
<b>Přehlednost na pracovišti</b> – jasně a zřetelně definovaná místa (lay-outy)	 	Pracovníci se pohybují okolo strojů – může dojít ke zranění, jsou však seznámeni s předpisy
<b>Bezpečnost na pracovišti</b> – každá operace řádně zabezpečená	 	Pracovníci se pohybují okolo strojů – může dojít ke zranění, jsou však seznámeni s BOZP
<b>Opakovatelnost</b> – stále stejná rychlost při operaci natažení a zasponkování materiálu		Pracovníci ztrácí rytmus během pracovní doby (př. únavou)
<b>Bezporuchovost</b> – způsobilost plnit bez poruchy požadované funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek		Ruční výměna zásobníku sponkovačky je zdoluhavá a může dojít k poškození dílů
<b>Úspory materiálu</b> – využít jen tolik materiálu, kolik je potřeba na zasponkování		Pracovníci mají různé velikosti prstů (muži/ženy), proto jsou vytvořeny větší velikosti rohů materiálu
<b>Životnost</b>		Věkem pracovníci ztrácí koncentraci v práci, rychlost – takt.
<b>Uchopovací síla</b> – stále stejná síla při uchopení i natažení materiálu		Pracovníci ztrácí cit a sílu během pracovní doby

Tab. 7: Zhodnocení současného řešení finální operace výroby loketní opěrky z požadavků zákazníka

## 7.5. Inovační záměr

Vytvořit takové pracoviště, které bude pracovat zcela automatizovaně, bez zásahu obsluhy. Pracoviště bude navazovat na předešlé operace, tedy bude mít dopravníkové pásy se vstupem i výstupem. Bude splňovat veškeré podmínky týkající se bezpečnosti, zástavbového prostoru, produktivity zadané společností Fehrer. Vytvořit takový uchopovací

mechanismus, který nejen že uchopí materiál, ale dále ho i podle dané trajektorie pohybu napne, aby mohlo dojít k operaci zasponkování rohu.

## 8. NÁVRH VARIANT S VYUŽITÍM DOSTUPNÝCH TECHNOLOGIÍ

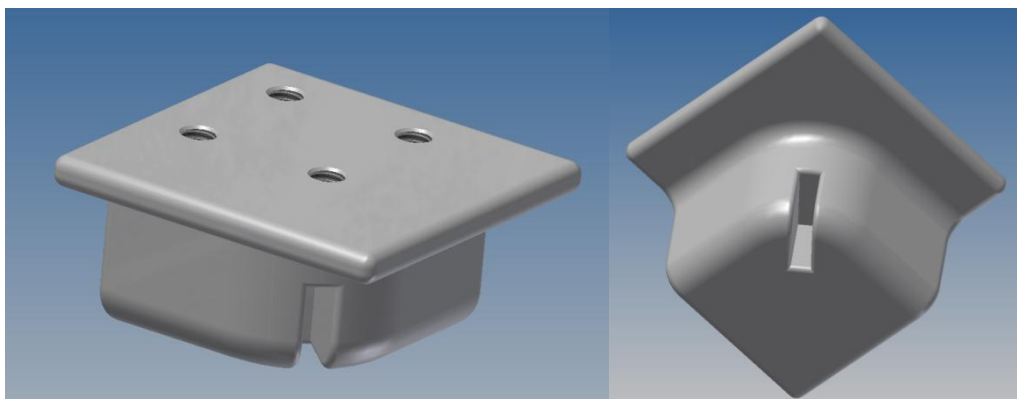
Jak už bylo v předchozích kapitolách zmíněno, je nutné se věnovat úchopným prstům, které budou uchopovat a natahovat materiál, tak i prvkům, které budou spojovat úchopné hlavice s průmyslovým robotem. Dále je potřeba se věnovat i celkovému pracovišti, které bude složeno z různých částí. Toto pracoviště bude zkonstruováno tak, aby pracovalo zcela automatizovaně a bez zásahu obsluhy.

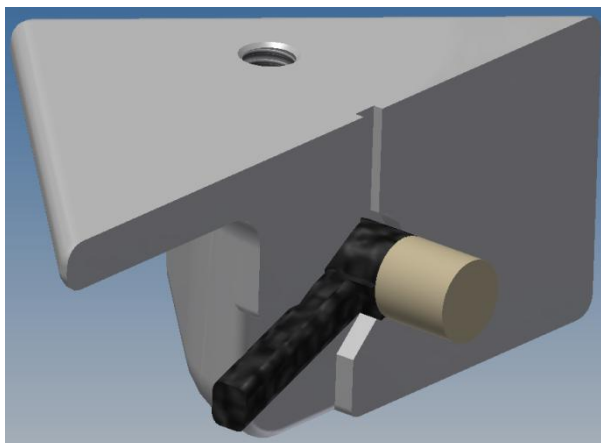
V první části dojde k výběru prvku, který bude připojen k průmyslovému robotu společně se sponkovačkou. Tato část se bude zabývat pouze tvarem a možností variabilnosti.

V druhé části budou vypracovány modely uchopovacích prstů, jakým způsobem bude docházet k jejich pohybu a následnému uchopení.

### 8.1. Varianta č. 1

Tato varianta je zkonstruována tak, aby tvarem kopírovala roh loketní opěrky. Je složena ze dvou dílů, které svírají úchopnou hlavici. Tato úchopná hlavice je vsazena do prostoru, který je viděn na Obr. 15, kde je konstrukce modelu v řezu. Výhodou tohoto prvku je jednoduchost konstrukce, dále i jeho ovladatelnost. Nevýhodou mohou být rozměry tohoto prvku, a tím může dojít ke změnám definování průmyslového robota, při uchopení roh materiálu a následně jeho natažení, které by kopírovalo roh loketní opěrky. Prvek je k průmyslovému robotu uchycen pomocí čtyř šroubů.





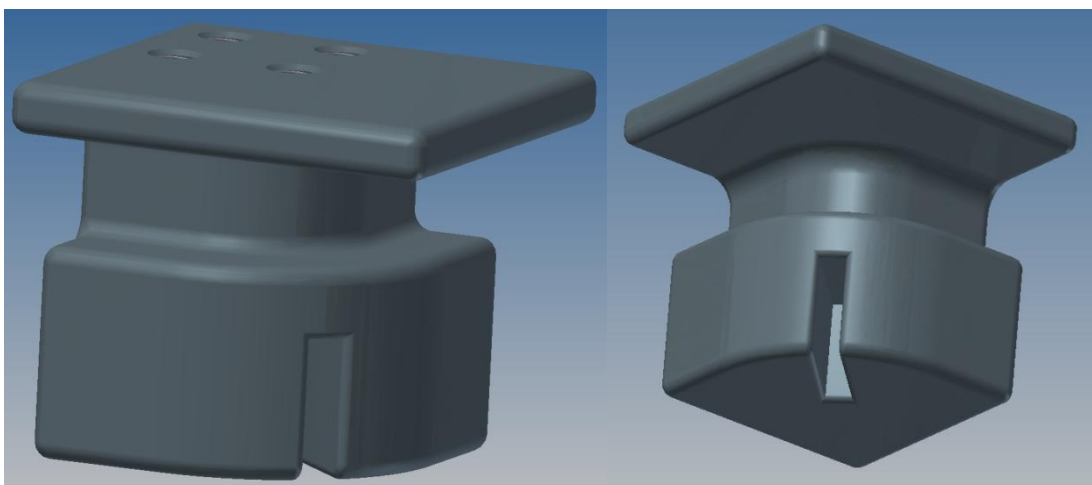
Obr. 15: Varianta č. 1

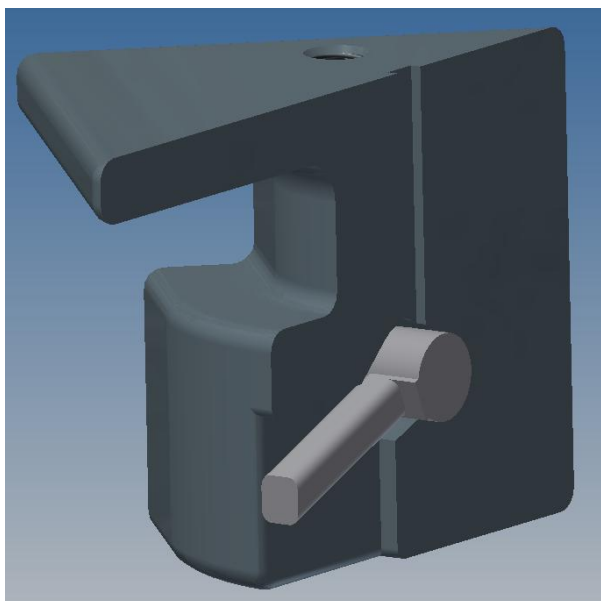
Klady	Zápory
Jednoduchost konstrukce	Rozměry prvku
Ovladatelnost prvku	Obtížné definování trajektorie

Tab. 8: Klady a zápory varianty č. 1

## 8.2. Varianta č. 2

Varianta č. 2 je téměř shodná s variantou č. 1. Rozdílem je část, která je vyříznuta z důvodu nejen snížení váhy prvku, ale také kvůli nahromaděnému materiálu, který by nebyl v předchozích operacích odstraněn. Prvek je k průmyslovému robotu uchycen pomocí čtyř šroubů. Toto schéma je znázorněno na Obr. 16.





Obr. 16: Varianta č. 2

Klady	Zápory
Jednoduchost konstrukce	Rozměry prvku
Ovladatelnost prvku	Obtížné definování trajektorie
Prostor pro přebývající materiál	

Tab. 9: Klady a zápory varianty č. 2

### 8.3. Varianta č. 3

Tato varianta je složena z rámové konstrukce a rádiusové kolejnice, ve které je ozubený hřeben pro přesný a plynulý chod úchopné hlavice. Pomocí kolejnice je možné dosáhnout symetrického natažení rohu materiálu loketní opěrky. Uchopovací hlavice je poháněna krokovým motorem, který je umístěn v kolejnici. Toto schéma je znázorněno na Obr. 17. Výhodou tohoto prvku je zajištění téměř přesného kopírování rohu loketní opěrky a tím i díky rádiusové kolejnici, optimální natažení rohu materiálu. Díky menšímu zástavbovému prostoru je snazší manipulace s prvkem. Nevýhodou je však složitost celkové konstrukce, možné zanášení ozubeného hřebenu a tím i omezení jeho plynulého chodu. Kvůli zanášení by byla potřeba častější servisní kontrola, která by zvyšovala celkové provozní náklady. Jak bylo výše uvedeno, složitost konstrukce by měla důsledek i vyšších výrobních nákladů.

Prvek je k průmyslovému robotu uchycen pomocí tří šroubů



Obr. 17: Varianta č. 3

Klady	Zápory
<b>Přesné kopírování rohu lok. opěrky</b>	Složitost konstrukce
<b>Zástavbový prostor</b>	Zanášení dílů nečistotami
<b>Manipulace s prvkem</b>	Vyšší výrobní i provozní náklady

Tab. 10: Klady a zápory varianty č. 3

#### 8.4. Varianta č. 4

U této varianty, která se skládá pouze z jednoho dílu, není potřeba krokový motor, jako tomu bylo u předchozích variant, protože o přesné polohování prvku se stará průmyslový robot. Výhodou tohoto prvku je malý zástavbový prostor, tudíž i dobrá manipulace při natažení rohu materiálu loketní opěrky. Dále je tato konstrukce velmi lehká a tudíž i výrobní náklady budou velmi přijatelné. Nevýhodou jsou však deformace, které by nastávaly při natahování rohu materiálu, protože se jedná o složitou konstrukci, která by byla velmi lehká pro dosažení nízkých výrobních nákladů. Tyto deformace by nastávaly hlavně v případě, kdy by docházelo k natahování kůže, která je velmi nepoddajná. Prvek je k robotu připevněn pomocí čtyř šroubů. Toto schéma je znázorněno na Obr. 18.



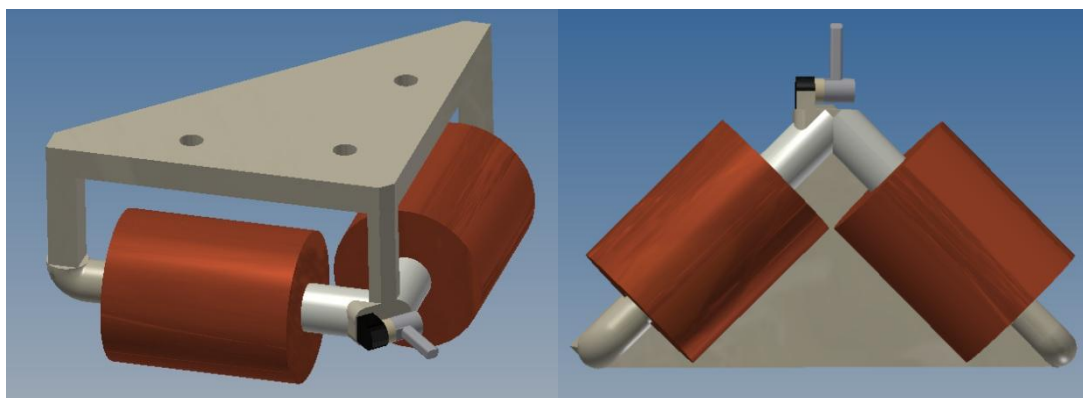
Obr. 18: Varianta č. 4

Klady	Zápory
<b>Prvek bez krokového motoru</b>	Deformace prvku (zvláště u kůže)
<b>Zástavbový prostor</b>	Vyšší výrobní náklady
<b>Manipulace s prvkem</b>	

Tab. 11: Klady a zápory varianty č. 4

## 8.5. Varianta č. 5

Tento prvek je už na první pohled mohutnější, než tomu bylo u předchozích variant. Je to z toho důvodu, že do konstrukce byly zakomponovány dva otočné válce, které po uchopení rohu materiálu přesně kopírují roh loketní opěrky a tím dochází k optimálnějšímu natažení materiálu. Výhodou tohoto prvku je kontrola nad tímto prvkem, díky otočným válcům, které nejen že kopírují stěnu loketní opěrky, ale i její dno. Tyto válce zaručují výšku, která je důležitá pro další operaci zaspoklování rohu materiálu. Nevýhodou tohoto prvku jsou paradoxně tyto otočné válce, které se mohou zanášet vlivem prašného prostředí a poté by již nemusely splňovat svojí funkci. Jakož tomu bylo i varianty č. 3, byla by potřeba častější servisní kontrola a tím by se zvyšovaly provozní náklady. Další nevýhodou je u tohoto prvku konstrukce, která je velmi složitá a to by mělo za důsledek vyšších výrobních nákladů. Prvek je k robotu připevněn pomocí tří šroubů. Toto schéma je na Obr. 19.



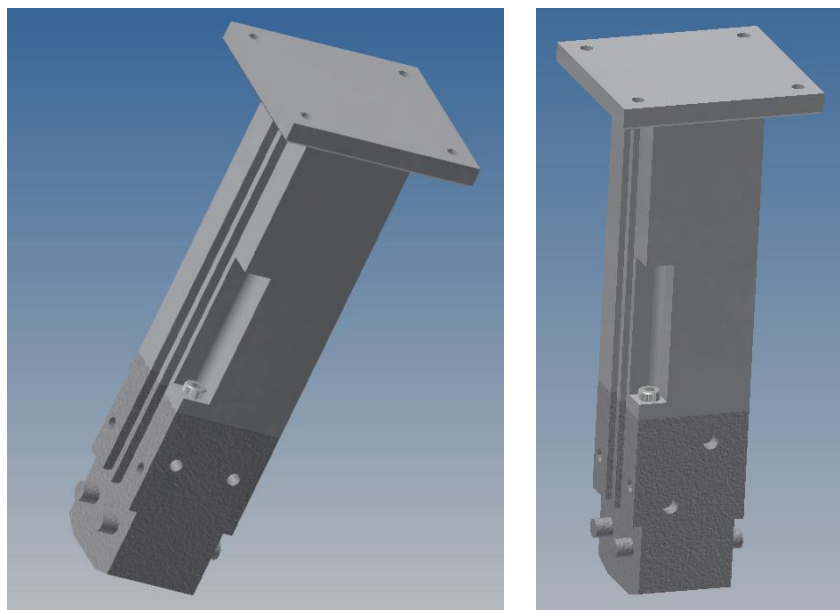
Obr. 19: Varianta č. 5

Klady	Zápory
<b>Funkčnost válců</b>	Složitost konstrukce
	Vyšší výrobní i provozní náklady
	Hmotnost

Tab. 12: Klady a zápory varianty č. 5

## 8.6. Varianta č. 6

Tato varianta je už na první pohled velmi jednoduchá a skládá se ze dvou dílů. Díky malému zástavbovému prostoru je možné přesně najet k rohu materiálu loketní opěrky a následně ho natáhnout do optimální polohy. Výhodou tohoto prvku je jednoduchá konstrukce, která má za důsledek nižších výrobních nákladů. Jelikož byly použity lehké materiály, došlo k velkému snížení celkové hmotnosti. Dále je nesporná výhoda, že nebude docházet k zanášení dílů. Toto schéma je znázorněno na Obr. 20.



Obr. 20: Varianta č. 6

Klady	Zápory
Spolehlivost	
Malý zástavbový prostor	
Nízké výrobní náklady	
Jednoduchost konstrukce	

Tab. 13: Klady a zápory varianty č. 6



## 8.7. Hrubé rozřídění

V minulé kapitole byly představeny a popsány jednotlivé varianty, v podobě principu, kladů i záporů. Dále aby bylo možné vyhodnotit, která z variant je neoptimálnější pro natažení rohu materiálu loketní opěrky, je potřeba provést rozřídění za pomoci kvalifikačních matic. Nejdříve budou varianty podrobeny hrubému rozřídění, které rozhodne, jaké dvě varianty postoupí do dalšího rozřídění, viz Tab. 13. V další kvalifikační matici bude provedeno detailnější hodnocení vybraných variant, které určí výsledného vítěze, viz Tab. 14. V poslední řadě bude provedeno porovnání, které je zaměřeno na složitost vybraných variant. Toto porovnání je uvedeno v Tab. 15.

Vlastní konstrukční návrhy je nutné nejprve rozřídít dle hrubé kvalifikační matice, které jsou v Tab. 13. V této kvalifikační matici je zohledněno 18 kritérií, které jsou zaměřeny různé oblasti.

Kritérium	Varianty					
	1	2	3	4	5	6
<b>Snadná manipulace s prvkem</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Lehkost konstrukce</b>	-	-	+	+	-	+
<b>Spolehlivost</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Snadnost změny poloh</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Trvanlivost při častém používání</b>	+	+	-	+	-	+
<b>Servisní nenáročnost</b>	+	+	+	+	-	+
<b>Ergonomie prvku</b>	-	-	+	+	-	+
<b>Snadnost montáže / demontáže</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Výrobní náklady</b>	+	+	+	-	-	+
<b>Vzhled prvku</b>	-	-	+	+	+	-
<b>Naprogramování a synchronizace prvku</b>	+	+	+	-	-	+
<b>Snadnost opětovné instalace prvku</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Snadnost ovládání prvku</b>	-	-	+	+	-	+
<b>Hmotnost</b>	-	-	+	+	-	+
<b>Odolnost proti opotřebení</b>	+	+	+	+	+	+
<b>Počet dílů</b>	+	+	-	+	-	+
<b>Složitost výroby</b>	+	+	+	-	-	+
<b>Zástavbový prostor</b>	-	-	+	+	-	+
<b>Celkem (+)</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>17</b>
<b>Celkem (-)</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>1</b>
<b>Pořadí</b>	<b>4.</b>	<b>4.</b>	<b>2.</b>	<b>3.</b>	<b>5.</b>	<b>1.</b>
<b>Pro další zhodnocení</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>ANO</b>	<b>X</b>	<b>X</b>	<b>ANO</b>

Tab. 14: Kvalifikační matice pro hrubé rozřídění

## 8.8. Detailnější vyhodnocení

Z kvalifikační matice je zřejmé, že v hrubém třídění postoupila varianta č. 3 a č. 6. Varianta č. 3, která se umístila na druhém místě, obdržela 16 kladných a 2 záporné body. Vítězná varianta se stala s pořadovým číslem č. 6, kde obdržela 17 kladných a pouze jeden záporný bod. Jak bylo výše řečeno, varianty, které zvítězí, postoupí do detailnějšího třídění, kde bude určen vítěz s nejvíce body. Toto detailnější třídění je uvedeno v Tab. 14.

Jelikož některá kritéria nemusejí být na první pohled ihned zřejmá, byl z tohoto důvodu vypracován detailnější popis, který je uveden v příloze č. 4.

Kritérium	Váha (%)	Varianty			
		3		6	
		Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota
<b>Snadná manipulace s prvkem</b>	10	5	0,5	10	1
<b>Lehkost konstrukce</b>	5	5	0,25	8	0,4
<b>Spolehlivost</b>	4	4	0,16	6	0,24
<b>Snadnost změny poloh</b>	5	4	0,2	8	0,4
<b>Trvanlivost při častém používání</b>	4	6	0,24	8	0,32
<b>Servisní nenáročnost</b>	3	3	0,09	7	0,21
<b>Ergonomie prvku</b>	2	7	0,14	7	0,14
<b>Snadnost montáže / demontáže</b>	2	5	0,1	5	0,1
<b>Výrobní náklady</b>	4	4	0,16	8	0,32
<b>Vzhled prvku</b>	1	8	0,08	4	0,04
<b>Naprogramování a synchronizace prvku</b>	28	4	1,12	10	2,8
<b>Snadnost opětovné instalace prvku</b>	3	8	0,24	8	0,24
<b>Snadnost ovládání prvku</b>	10	4	0,4	8	0,8
<b>Hmotnost</b>	5	6	0,3	5	0,25
<b>Odolnost proti opotřebení</b>	3	5	0,15	8	0,24
<b>Počet dílů</b>	3	4	0,12	8	0,24
<b>Složitost výroby</b>	4	4	0,16	7	0,28
<b>Zástavbový prostor</b>	4	6	0,24	6	0,24
<b>Celkový součet</b>		4,65		8,26	
<b>Pořadí</b>		2.		1.	

Tab. 15: Detailnější hodnocení vybraných konceptů

Z Tab. 14 je zřejmé, že v tomto detailnější hodnocení se na prvním místě umístila varianta s pořadovým číslem č. 6 s výsledným hodnocením 8,26 bodů. Toto hodnocení je počítáno z vážené hodnoty, ke které jsou přidělovány jednotlivé váhy v (%). Hodnoceno je

od 1 do 10, kde 1 znázorňuje nejhorší hodnotu a naopak 10 hodnotu nejlepší. Názorný příklad vypočtení jedné z hodnot je uvedeno ve vztahu (2).

$$\text{Vážená hodnota} = \text{Váha [\%]} * \text{Hodnota} \quad (2)$$

$$\text{Vážená hodnota} = 0,04 * 6$$

$$\text{Vážená hodnota} = 0,24$$

V Tab. 15 je konečné porovnání dvou variant na základě složitosti jednotlivých kritérií. Čím je kritérium obtížnější, tím je jeho výroba, manipulace, ovladatelnost, montáž a další podobné faktory náročnější, tudíž jsou zároveň i výrobní či provozní náklady vyšší. I v tomto porovnání je zřejmé, že varianta č. 6 je na celkovou výrobu a následnou manipulaci méně náročná. Je to i z toho důvodu, že se skládá z méně dílů, než je tomu u varianty č. 3, proto i její výroba by byla drahá a velmi obtížná. Dále u varianty č. 3 jsou problémem kolejnice, ve kterých by se pohybovala uchopovací hlavice, protože by mohlo docházet k nepravidelnému pohybu a tím i nedostatečnému uchopení rohu materiálu loketní opěrky. Kdežto u varianty č. 6 je celková variabilita i ovladatelnost velmi přijatelná. Díky jednoduchosti konstrukce lze předpokládat, že uchopovací hlavice se k rohu materiálu dostane do takové míry, jak je potřeba pro optimální uchopení materiálu loketní opěrky.

Kritéria	Varianty	
	3	6
<b>Snadná manipulace s prvkem</b>	Obtížná	Snadná
<b>Lehkost konstrukce</b>	Středně těžká	Lehká
<b>Spolehlivost</b>	Střední	Snadná
<b>Snadnost změny poloh</b>	Střední	Snadná
<b>Trvanlivost při častém používání</b>	Dobrá	Dobrá
<b>Servisní nenáročnost</b>	Obtížná	Snadná
<b>Ergonomie prvku</b>	Výrazná	Výrazná
<b>Snadnost montáže / demontáže</b>	Střední	Snadná
<b>Výrobní náklady</b>	Vysoké	Nízké
<b>Vzhled prvku</b>	Ano	Ne
<b>Naprogramování a synchronizace prvku</b>	Středně obtížné	Snadné
<b>Snadnost opětovné instalace prvku</b>	Snadná	Snadná
<b>Snadnost ovládání prvku</b>	Obtížné	Snadné
<b>Hmotnost</b>	0,55 Kg	0,65 Kg
<b>Odolnost proti opotřebení</b>	Střední	Střední
<b>Počet dílů (bez šroubů)</b>	5	2
<b>Složitost výroby</b>	Náročná	Nenáročná
<b>Zástavbový prostor (V x Š x H)</b>	52x56x48 mm	167x36x41 mm

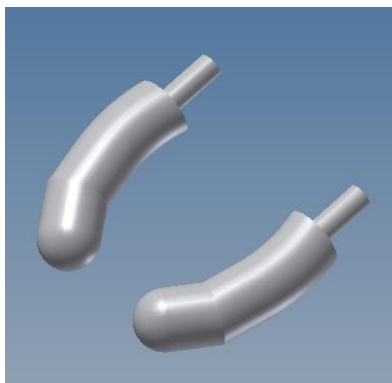
Tab. 16: Porovnání variant dle složitosti

## 8.9. Návrh uchopovacích prstů

V této kapitole budou uvedeny návrhy uchopovacích prstů, které budou uchopovat roh materiálu loketní opěrky. Toto téma je pro celek velmi důležité, protože pokud uchopovací prsty budou mít plochu příliš kluzkou nebo malou, nemuselo by docházet k uchopení a následnému natažení materiálu, což je nepřijatelné.

### 8.10. Varianta A

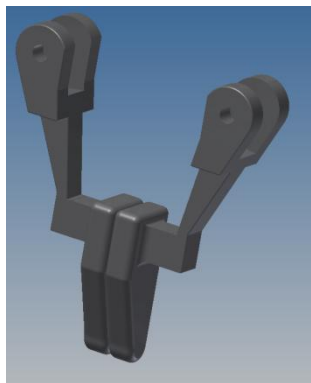
U této varianty bylo cílem zachovat tvar lidských prstů, kde by byl patrný přirozený pohyb. Avšak i při zdrsnění povrchu by docházelo k vyklouznutí materiálu z prstů, jelikož jejich plocha je příliš malá.



Obr. 21: Varianta A

### 8.11. Varianta B

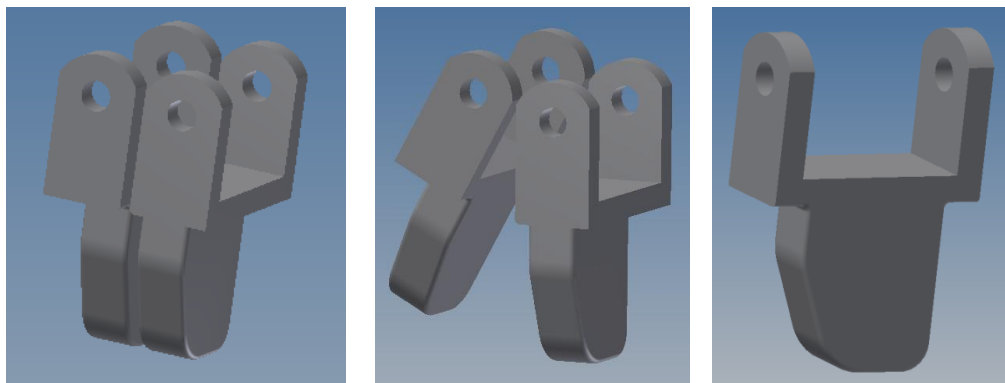
U této varianty je uchopovací plocha podstatně větší a tím je zaručen optimálnější úchop rohu materiálu loketní opěrky. Jedná se o konstrukci, kde jeden uchopovací prst je z jednoho materiálu - odlitku.



Obr. 22: Varianta B

### 8.12. Varianta C

U této varianty jako u varianty B je opět velká plocha pro optimální uchopení rohu materiálu loketní opěrky. Dále jeden uchopovací prst je opět z jednoho materiálu – odlitku.



Obr. 23: Varianta C

### 8.13. Hrubé roztřídění uchopovacích prstů

Jako tomu bylo u předchozí kapitoly, dále aby bylo možné vyhodnotit, která z variant je neoptimálnější pro uchycení rohu materiálu loketní opěrky, je potřeba provést roztřídění za pomoci kvalifikačních matic. Nejdříve budou varianty podrobeny hrubému roztřídění, které rozhodne, jaké dvě varianty postoupí do dalšího roztřídění, viz Tab. 17. V další kvalifikační matici bude provedeno detailnější hodnocení vybraných variant, které určí výsledného vítěze, viz Tab. 18. Každá z kvalifikačních matic obsahuje 6 kritérií.

Kritérium	Varianty		
	A	B	C
Snadná manipulace s prvky	-	+	+
Hmotnost	+	-	+
Trvanlivost při častém používání	-	-	+
Ergonomie prvku	+	+	+
Snadnost opětovné instalace prvků	-	+	+
Jednoduchost konstrukce	-	+	+
Celkem (+)	2	4	6
Celkem (-)	4	2	0
Pořadí	3.	2.	1.
Pro další zhodnocení	X	ANO	ANO

Tab. 17: Kvalifikační matice pro hrubé roztřídění

### 8.14. Detailnější vyhodnocení

Z kvalifikační matice je zřejmé, že v hrubém třídění postoupila varianta B a C. Varianta B, která se umístila na druhém místě, obdržela 4 kladné a 2 záporné body. Vítězná varianta se stala C, kde obdržela 6 kladných a ani jeden záporný bod. Jak bylo výše řečeno, varianty, které zvítězí, postoupí do detailnějšího třídění, kde bude určen vítěz s nejvíce body. Toto detailnější třídění je uvedeno v Tab. 18.

Kritérium	Váha (%)	Varianty			
		B		C	
		Hodnota	Vážená hodnota	Hodnota	Vážená hodnota
Snadná manipulace s prvky	10	7	0,70	7	0,70
Hmotnost	5	5	0,25	6	0,30
Trvanlivost při častém používání	4	4	0,16	6	0,24
Ergonomie prvku	2	4	0,08	7	0,14
Snadnost opětovné instalace prvků	4	5	0,20	5	0,20
Jednoduchost konstrukce	6	4	0,24	7	0,42
Celkový součet		1,63		2,00	
Pořadí		2.		1.	

Tab. 18: Detailní hodnocení vybraných variant

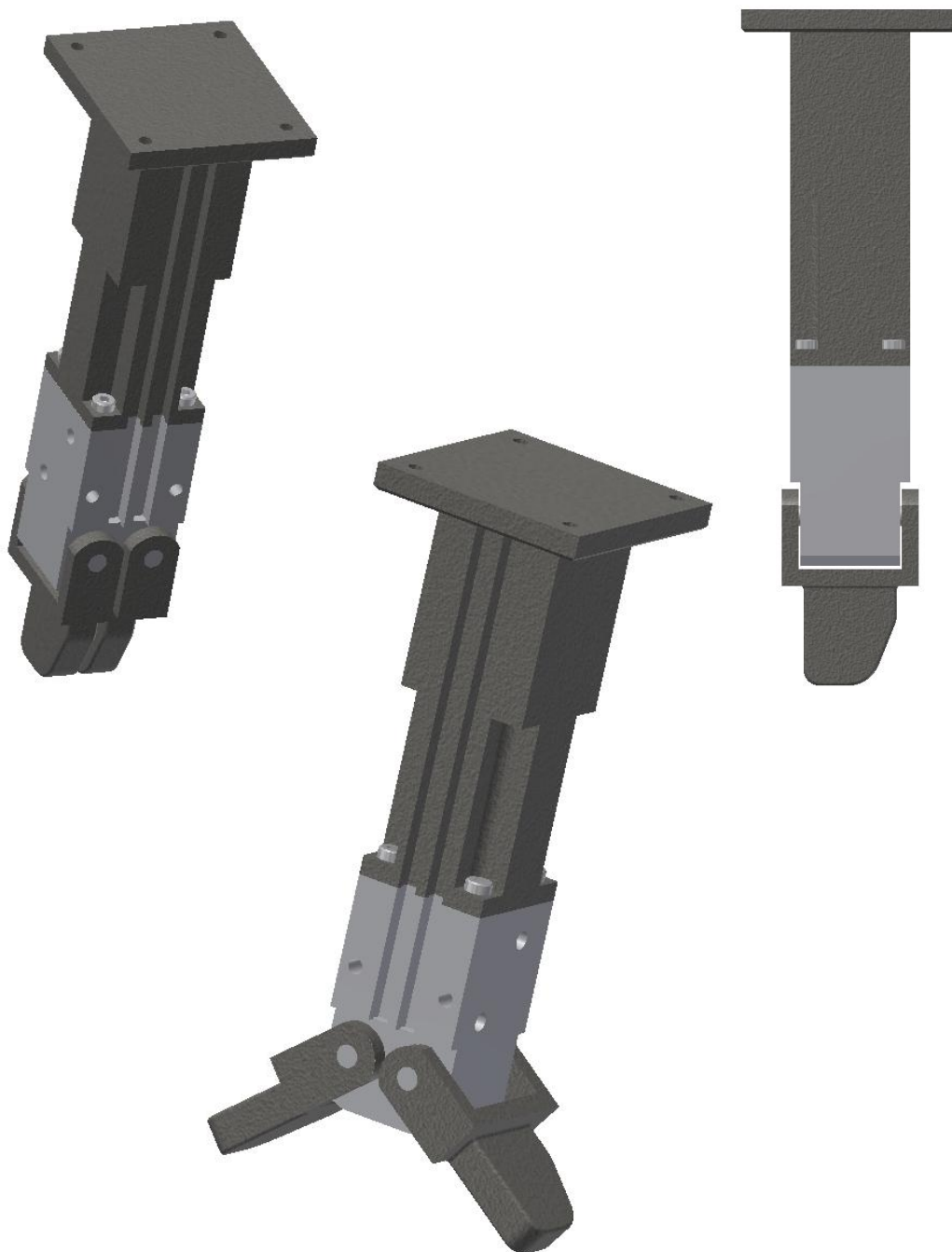
Z detailnějšího hodnocení je zřejmé, že varianta C dosáhla nejvyššího počtu bodů a proto bude použita do výsledného celkového konstrukčního řešení. Tyto dvě varianty budou dále podrobeny MKP analýze.

### 8.15. Vybraný koncept

Z kvalifikačních matic byly vybrány vítězné varianty, ze kterých byl dále vytvořen finální uchopovací mechanismus. To znamená, že úchopná hlavice, která je přichycena k průmyslovému robotu, se stala varianta s pořadovým číslem 6. Tato varianta má jednoduchou konstrukci, vyniká svojí nízkou hmotností a především svojí variabilitou. Mezi uchopovacími prsty se na prvním místě umístila varianta C. Tato varianta má malé rozměry, přesto plocha k uchycení rohu materiálu, je ideální. Tento model bude dále optimalizován metodami inovačního inženýrství.

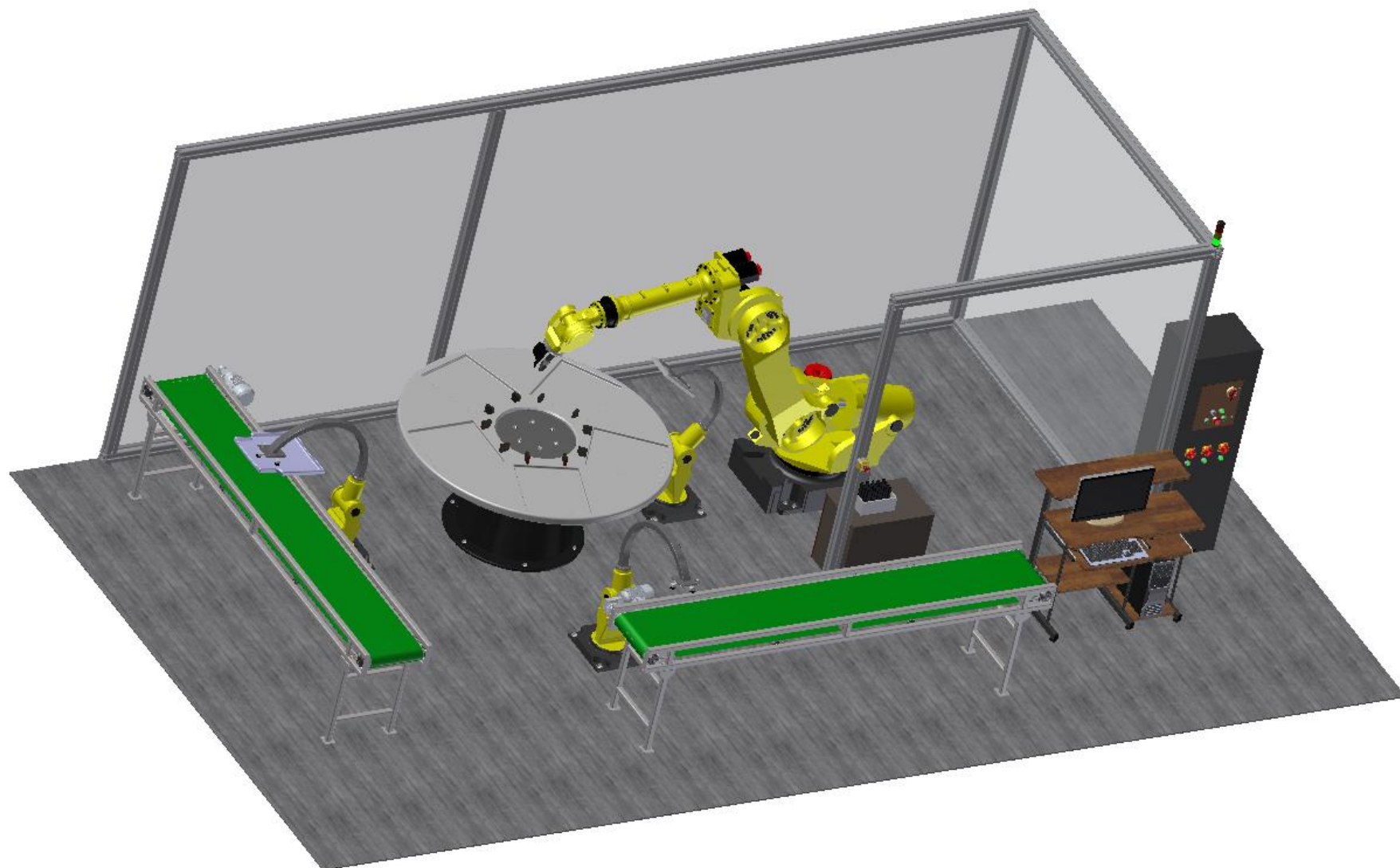
## 9. KONSTRUKCE UCHOPOVACÍHO MECHANISMU A PRACOVNÍŠTĚ

Výkres sestavy a výkres dílů je uveden v příloze č. 5.



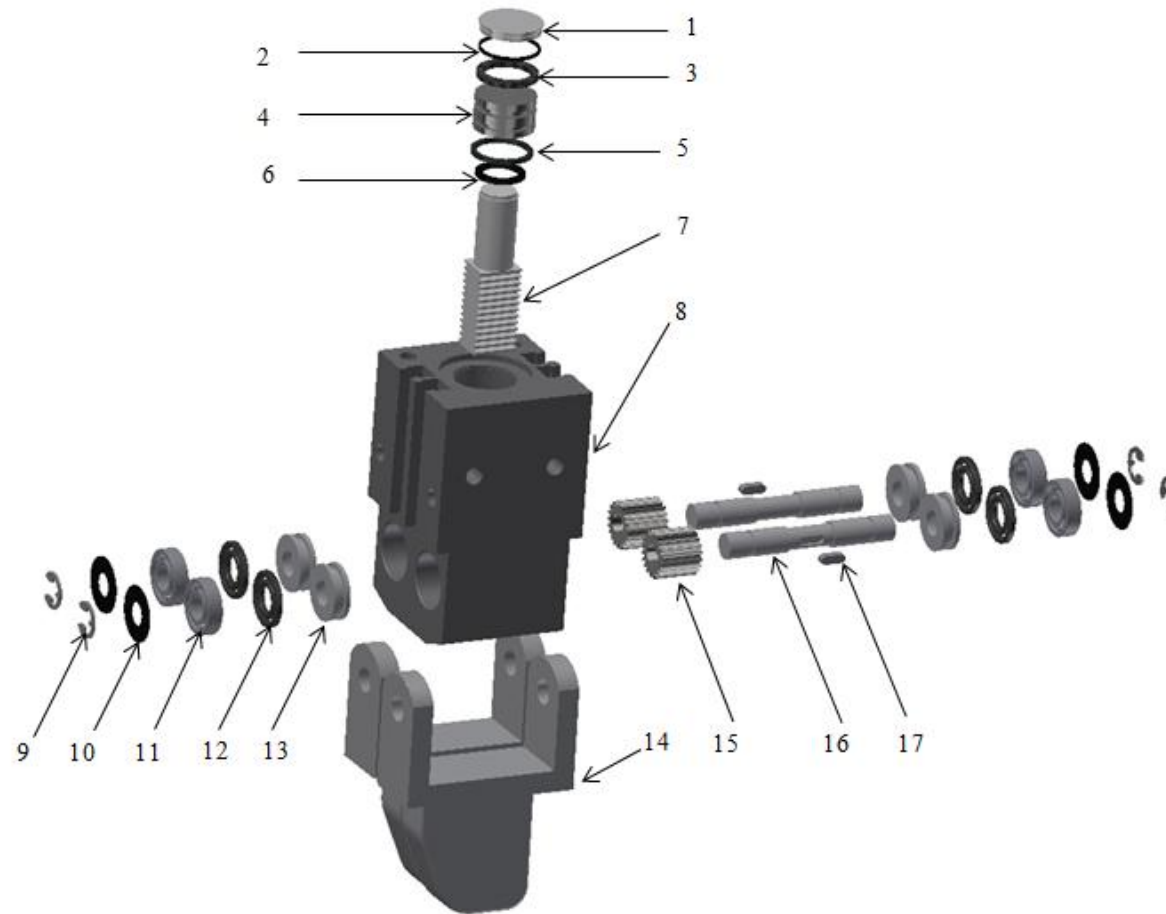
*Obr. 24: 3D model uchopovacího mechanismu*





*Obr. 25: Model pracoviště ve 3D*





Obr. 26: Rozpadové schéma

Číslo dílu	Jméno dílu	Četnost
1	Dno válce	1
2	Těsnění dna válce	1
3	Magnet	1
4	Píst	1
5	Těsnění pístu	1
6	Tlumicí podložka	1
7	Ozubený hřeben	1
8	Tělo válce	1
9	Rozpěrný pojistný kroužek	4
10	Těsnění ložiska	4
11	Ložisko DIN 625 SKF-618	4
12	Těsnění	8
13	Těsnící pouzdro	1
14	Uchopovací prst	2
15	Ozubené kolo	2
16	Pastorek	2
17	Pero	2

Tab. 19: Jmenovitý seznam dílů

## 9.1. Popis použitých dílů

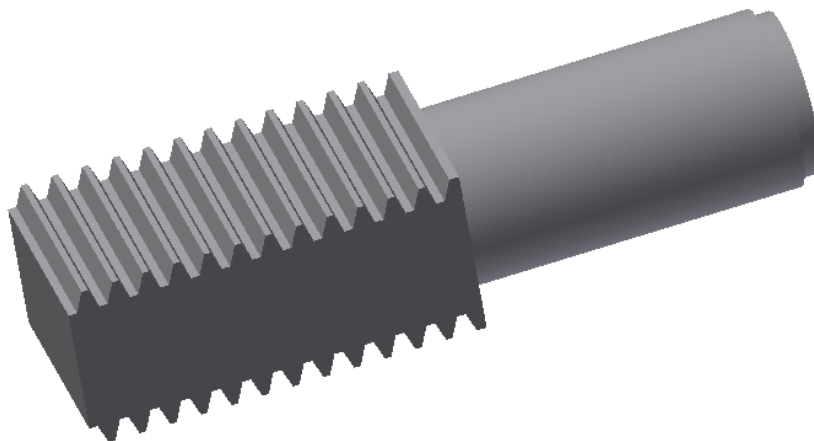
Tato kapitola má za cíl detailněji informovat o použitých dílech sestavy a dělí je na součásti vymodelované v rámci práce a dále na součásti nakupované od externích firem.

### 9.1.1. Konstruované díly

#### 1. Ozubený hřeben

Ozubení hřeben (Obr. 27) slouží k pohybům dvou uchopovacích prstů. Díky ozubenému soukolí je zajištěn přesný a plně kontrolovatelný pohyb těchto prstů. Ozubený hřeben je vyroben z tvrdé oceli C43 UNI 7845, jejíž materiálové hodnoty jsou:

- Přímé ozubení, modul 1 (rozteč 1,692mm)
- Úhel záběru 20°, čtvercový průřez 10x10 mm
- Tolerance rozteče zubů  $\pm 30 \mu\text{m}/500 \text{ mm}$
- Stupeň kvality ozubení: 8-9 dle DIN 3962/63/67

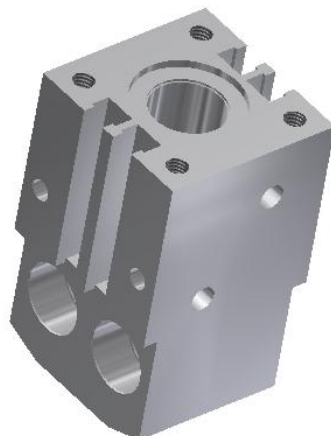


Obr. 27: Ozubený hřeben

#### 2. Tělo válce

Tělo válce (Obr. 27) je vyrobeno z hliníku. Rozměry těla jsou (VxŠxH) 60x36x36 mm. K úchopné hlavici je tělo uchyceno čtyřmi šrouby M4 x 10 DIN 6912. K tělu válce jsou dále připojeny dva ventily, přičemž jeden zavírá a druhý otevírá uchopovací prsty. V poslední

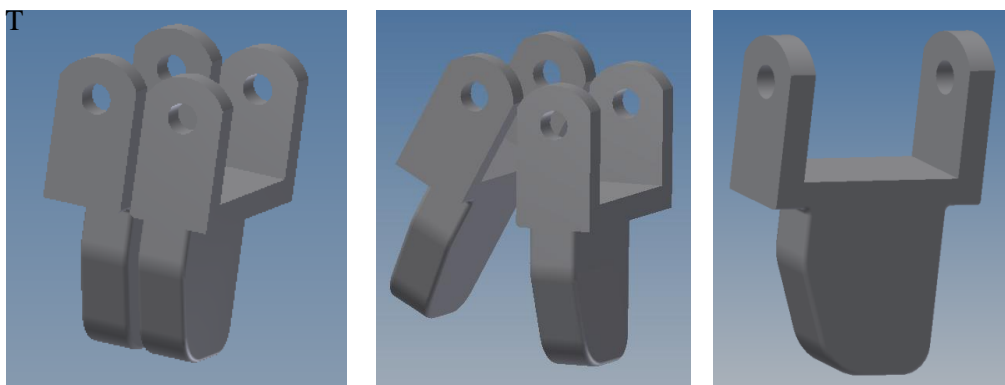
řadě je k tělu válce připojen magnetický snímač, který zjišťuje polohu pístu.



Obr. 28: Tělo válce

### 3. Uchopovací prsty

Uchopovací prsty (Obr. 29) jsou vyrobeny z netvrzené nerezové oceli, jejíž mechanické hodnoty jsou: Modul pružnosti v tahu  $[E] = 203\,000\text{ MPa}$ , Poissonova konstanta  $[\mu] = 0,300$ , Mez kluzu 185-225 MPa, pevnost v tahu 490-685 MPa. Prsty jsou vyrobeny z nerezové oceli ČSN 17240, vykazují stejnou tvrdost v celém průřezu a tím je dosaženo maximální pevnosti. Tvrdost prstů je 52-55 HRC.



Obr. 29: Uchopovací prsty

### 4. Ozubená kola

Ozubená kola jsou vyrobena z konstrukční slitinové oceli 36CrNiMo6, povrchově kalené. Její mechanické hodnoty jsou: Modul pružnosti v tahu  $[E] = 206\,000\text{ MPa}$ , Poissonova konstanta  $[\mu] = 0,300$ , dovolené napětí v ohybu  $[\sigma_{Ab}] = 360\text{ MPa}$ .



*Obr. 30: Ozubené kolo*

### 9.1.2. Zvolené nakupované díly

Mezi nakupovanými díly jsou ložiska od výrobce SKF: Ložisko DIN 625 SKF 618/6. Mezi nakupované díly se dále řadí pojistné kroužky ANSI B27.7M o průměru 5mm, dále těsnící O-kroužky DIN 3771 a v poslední řadě pera DIN 6885 A 2x2x6 .

### 9.1.3. Nakupované díly, stroje, zařízení v pracovišti

#### 1. Průmyslový robot **FANUC R-2000iA/165F** (Obr. 31)

Základní informace:      Výška: 1970 mm, Šířka: 710 mm

Poloměr otáčení:      R2650 mm

Podrobné informace včetně výkresů, jsou uvedeny v katalogu robota, viz příloha č. 6. Popis: K průmyslovému robotu je uchycen uchopovací mechanismus a sponkovačka.



*Obr. 31: Průmyslový robot FANUC R-2000iA/165F*

## 2. Dopravníkový pás (Obr. 32)

Základní informace: Délka dopravníku: 3000 mm

Výška: 800 mm

Popis: Na pracovišti jsou dva pásové dopravníky, z nichž jeden dopravuje loketní opěrky ke zpracování a druhý slouží k transportu na uskladnění dokončení loketní opěrky.



Obr. 32: Dopravníkový pás

## 3. Laser **Panasonic HL-G1** (Obr. 33)

Základní informace: Přesný laserový snímač od společnosti Panasonic. Poskytuje lasery s rozsahem 30-120 mm a s rozlišením 0,5-0,8  $\mu\text{m}$ . [15]

Podrobné informace o tomto laseru jsou uvedeny v příloze č. 7.



Obr. 33: Panasonic HL-G1 [15]

## 9.2. Technická data, uchopovací síla

V Tab. 20 jsou uvedena technická data, která prezentují, jaké medium bude použito pro pohon uchopovacích prstů, při jakém pracovním tlaku je možno provozovat operace. V další části je uveden výpočet uchopovací síly, která je potřebná pro uchopení a následné natažení rohu materiálu loketní opěrky. V poslední řadě je graf, který znázorňuje, při jakém zvolení pracovního tlaku je potřeba vyvinout uchopovací sílu.

Technická data uchopovacího mechanismu	
Médium	Filtrovaný a nepřímazávaný vzduch
Funkce	Dvojčinný
Pracovní tlak	1 ÷ 7 [bar]
Pracovní teplota	-5° ÷ +70° C

Tab. 20: Technická data uchopovacího mechanismu

Výpočet uchopovací síly (Nm) při zvoleném pracovním tlaku 6 bar je uvedena ve vztahu (3).

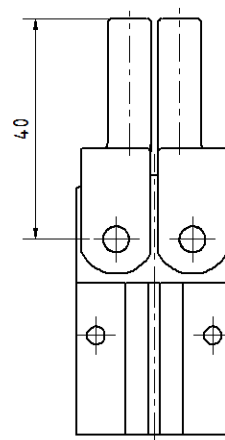
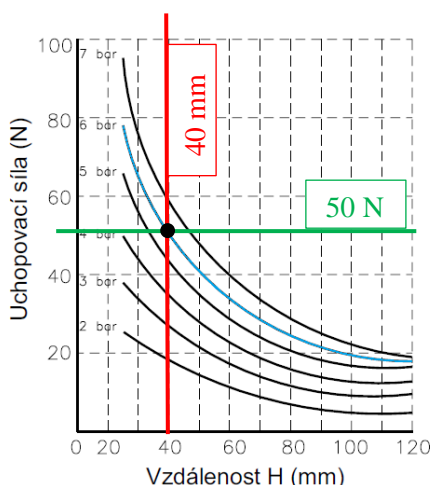
$$M_K = F(N) * r(m) \quad (3)$$

$$M_K = 50 * 0,04 \quad M_K = 2 \text{ Nm}$$

Délka ramene	Uchopovací síla	Maximální otevření	Pracovní tlak
30 [mm]	1,5 [Nm]	-5°÷180°	6 [bar]
40 [mm]	2,0 [Nm]	-5°÷180°	6 [bar]
60 [mm]	3,0 [Nm]	-5°÷180°	6 [bar]
70 [mm]	3,5 [Nm]	-5°÷180°	6 [bar]

Tab. 21: Hodnoty uchopovacích sil

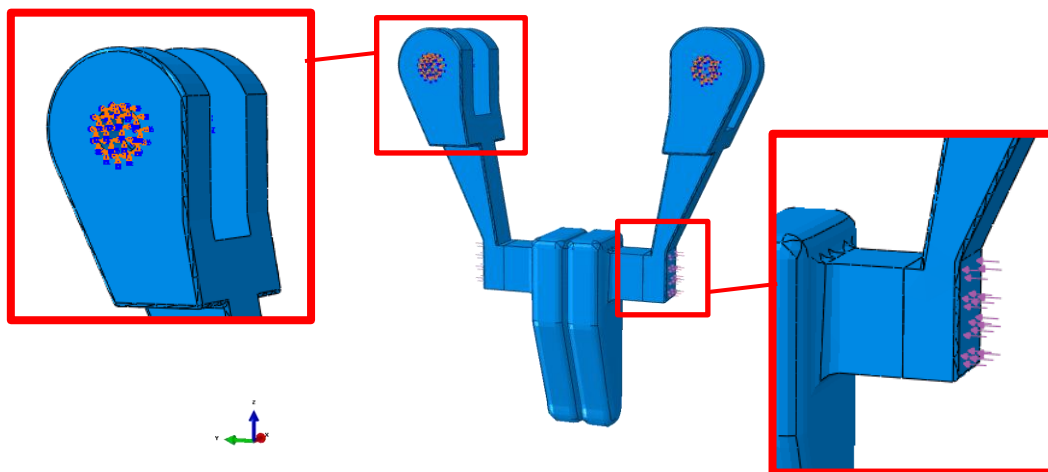
Z Tab. 21 je patrné, jak velká musí být uchopovací síla, když dojde ke změně délky uchopovacích prstů. Délka ramene byla zvolena 40 mm, tudíž uchopovací síla musí být 2,0 [Nm]. Vyvíjená síla na rameno je 50 N. Na Obr. 34 je uvedena zvolená uchopovací síla.



Obr. 34: Návrh uchopovací síly

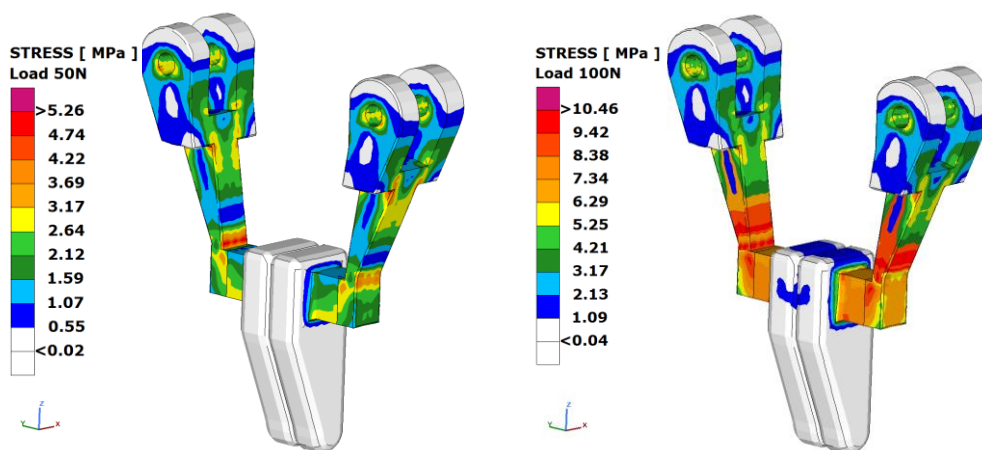
### 9.3. Analýza MKP uchopovacích prstů

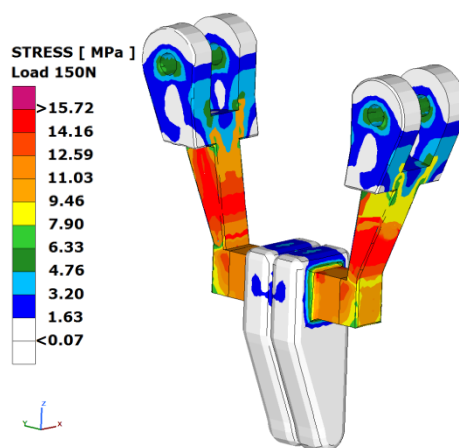
Pro analýzu metodou konečných prvků byly zvoleny programy ANSA v. 13.2.3 a ABAQUS 6.12-3. V programu ANSA byla provedena objemová síť jednoho uchopovacího prstu, dále tato síť byla exportována do prostředí Abaqusu, kde se provedl samotný výpočet. Výpočet probíhal ve třech různých namáháních, kde první bylo 50 N, druhé 100 N a třetí 150 N.



Obr. 35: Okrajové podmínky varianty B

Z Obr. 35 je patrné, že pro okrajové podmínky bylo nutné místa v čepu pevně vetknout. Dále místo, na které působily tři rozdílné síly je zobrazeno v detailu. Na Obr. 36 jsou tři zobrazena tři namáhání, na kterých je vidět stoupající napětí v místech namáhané plochy. U prvního namáhání 50N je nejvyšší hodnota 5,26 MPa, u druhého namáhání 100N je hodnota 10,46 MPa a v poslední namáhání je nejvyšší hodnota 15,72 MPa.





Obr. 36: Deformace při zatížení (50N, 100N, 150N) varianta B

Na Obr. 37 jsou zobrazeny okrajové podmínky, které jsou zvoleny stejně jako u varianty B. Na Obr. 38 jsou znázorněny opět tři různé deformace se stejným zatížením, jako tomu bylo u Obr. 36, tedy 50N, 100N a 150N. U tohoto obrázku je patrné, že hodnota na prvním namáhání dosáhla 0,88 MPa, dále hodnota u druhého namáhání byla 1,03 MPa a na posledním namáhání dosáhla hodnota 1,56 MPa. U této varianty C je zřejmé, že oproti variantě C má téměř 10x nižší hodnoty deformace. To je dáno hlavně výškou uchopovacího prstu. Celkové namáhání obou variant je obsaženo v příloze č. 8.

Napětí v místě deformace von Mises  $\sigma_{RED1}=15,72 \text{ MPa}$

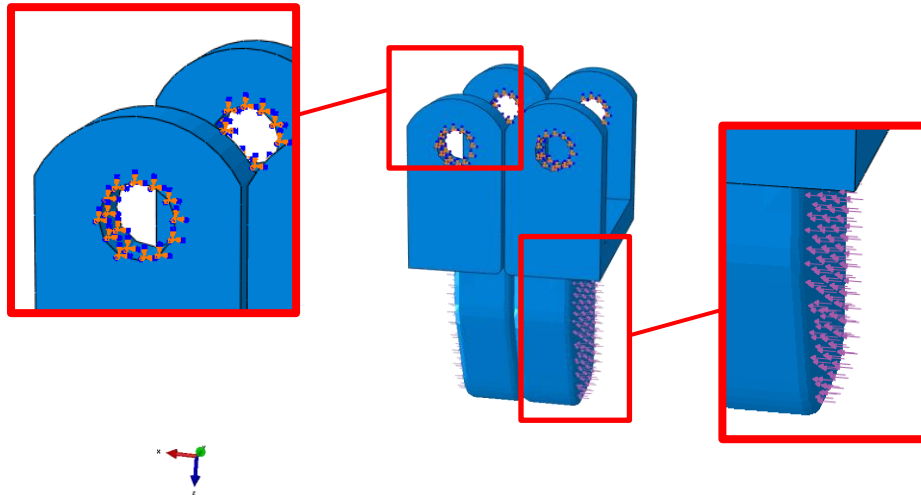
Uchopovací prsty jsou vyrobeny z netvrzené nerezové oceli s mezí kluzu  $Re=185 \text{ MPa}$

Požadovaná bezpečnost  $k_p=3$

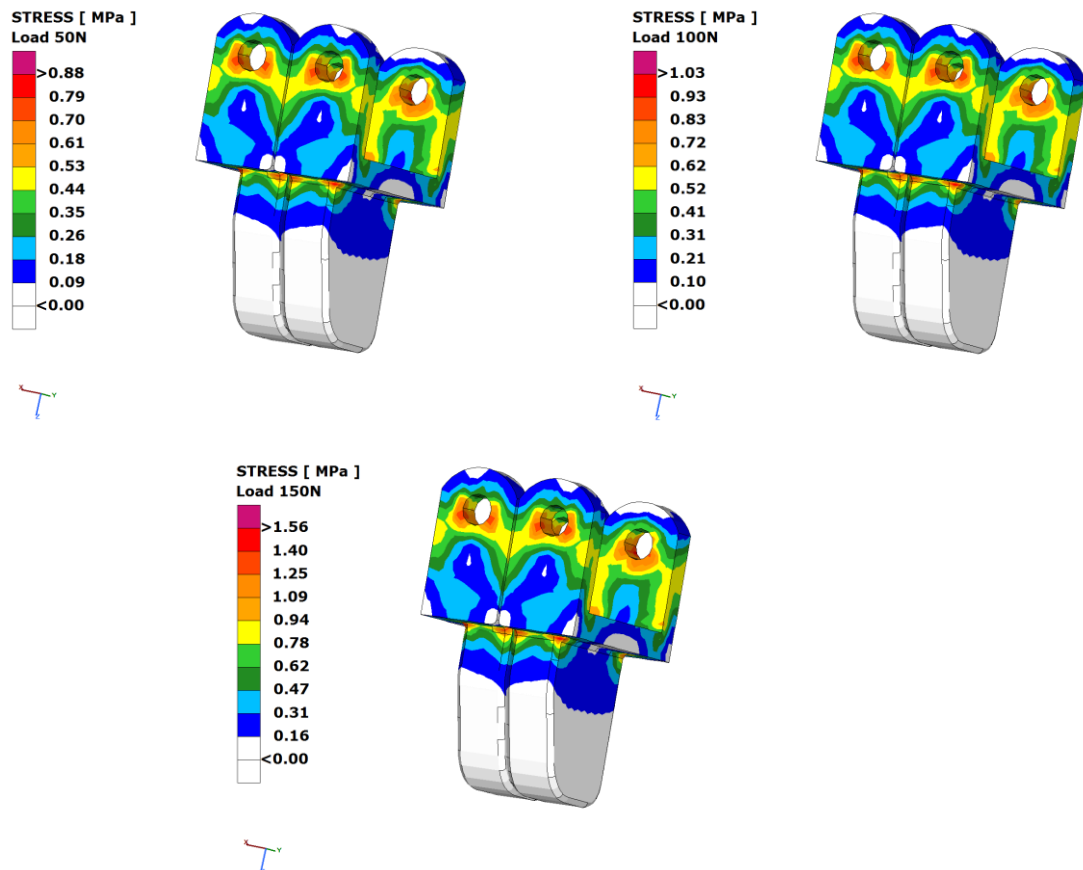
$$\sigma_D = \frac{Re}{k_p} = \frac{185}{3} = 61,667 \quad \sigma_{RED1} \leq \sigma_D = 61,667 \dots \text{vyhovuje} \quad (4)$$

Z výsledků simulace je zřejmé, že materiál uchopovacích prstů namáhání vydrží.





Obr. 37: Okrajové podmínky varianty C



Obr. 38: Deformace při zatížení (50N, 100N, 150N) varianta C

$$\sigma_{RED2} \leq \sigma_D = 61,667 \dots \text{vyhovuje} \quad (5)$$

Z předchozího vztahu je zřejmé, že i u této varianty materiál uchopovacích prstů namáhání vydrží. Napětí v místě deformace von Mises  $\bar{\sigma}_{RED2} = 1,56 \text{ MPa}$

## 9.4. FMEA

Cílem je již ve fázi vývoje nového výrobku definovat všechny možné vady související s daným výrobkem/procesem a pro potencionálně nerizikovější vady realizovat preventivní opatření. FMEA je týmová metoda. Tým by se měl skládat z lidí z různých úrovní organizace, kteří daný výrobek/proces znají, mají zkušenosti nejlépe i z jiných oborů, jsou komunikativní atd. „Ideální“ tým má 5-7 členů, ale lze se setkat i s týmy okolo 15 lidí. Důležité je zapojit fantazii a nebát se říci své myšlenky a názory. Ideální je mít jednoho znalého moderátora. [16]

Pro tuto diplomovou práci byla zpracována FMEA výrobku, nazývaná také jako konstrukční (FMEA-K). I přesto, že pro metodu FMEA-K je doporučováno pracovat v týmu, je zde přístupováno stejně jako u předchozích analýz, kde vše řeší pouze jeden autor této práce. V této metodě je potřeba předem určit rizikové číslo, které je vypočteno z následujícího vztahu:

$$\text{Rizikové číslo} = \text{Význam} * \text{Výskyt} * \text{Odhalitelnost} \quad (6)$$



Toto rizikové číslo je často používáno s hodnotou 125 bodů. V této práci byla tato hodnota také použita. Pokud byla hodnota překročena, byla přijata opravná opatření s cílem tuto hodnotu snížit. Část použité metody FMEA-K je zobrazena na Obr. 39. Kompletní FMEA analýza je uvedena v příloze č. 9.


















Předmět FMEA			Zodpovědná oblast								
Projekt Uchopovací mechanismu											
FMEA tým			Martin Franc							R	
Prvek	Možná porucha	Možný důsledek	Příčina	Prev. opatření	Vznik	Význam	Odhalení	Možné riziko	Doporučená opatření	Odpovědnost	
Úchopná hlavice	Uchopovací prsty se neotáčejí	Netěsnost pístu	Malý průměr pístu, špatná tolerance	Dodržovat dané tolerance	4	8	6	192	Dodržet výkresové dokumentace při výrobě	Franc	
			Chybějící těsnící kroužek	Vytvořit návod k montáži	5	8	2	80	Vytvořit Check-list	Franc	
		Prasklý hřídel	Nešetrné zacházení	Proškolení pracovníků	1	8	4	32	Povinná školení pracovníků	Franc	
			Vadný (nekalitní) materiál	Kontrola materiálu	3	8	4	96	Provést FEM analýzu, dostatečně naddimenzovat	Franc	
		Zadřená ložiska	Znečištění ložiska	Kontrola materiálu	3	8	3	72	Povinná vizuální kontrola	Franc	
			Nešetrné zacházení	Proškolení pracovníků	3	8	2	48	Povinná školení pracovníků	Franc	
		Tlak v těle válce se ztrácí	Netěsnost připojovacích ventilů	Zvolení kvalitnějšího těsnění	5	9	7	315	Ventily dodávané s přesným těsněním	Franc	
			Konstrukční návrh	-	5	6	3	90	Upravit návrh soustavy s ohledem na snadnou montáž a servisovatelnost	Franc	

Obr. 39: Detail analýzy FMEA-K

## 10. SROVNÁNÍ INOVOVANÉHO ZAŘÍZENÍ SE SOUČASNÝM STAVEM

### 10.1. Zhodnocení z hlediska požadavků zákazníka

V Tab. 22 je porovnán současný stav finální operace natažení a zasponkování rohu materiálu loketní opěrky s inovovaným. Jedná se o rozšířenou tabulku z kapitoly 7- Potenciál k inovaci, kde bylo zjištěno několik rozporů se zákaznickými požadavky. Splněné požadavky mají symbol  problematické.  Inovační proces byl na tyto nedostatky přímo zaměřen. Jednalo se bezpečnost při práci, produktivitu, spolehlivost, životnost, bezporuchovost a opakovatelnost. Z tabulky je patrné, že se problémy podařilo eliminovat.

Zákaznické požadavky	Současný	Inovovaný	Popis
<b>Přehlednost na pracovišti</b> – jasně a zřetelně definovaná místa (lay-outy)	 	 	Pracoviště je přehledné, jasně a místa strojů a robotů jsou zřetelně definována
<b>Bezpečnost na pracovišti</b> – každá operace řádně zabezpečena	 		Jelikož se jedná o plně automatizované pracoviště, pracující bez zásahu obsluhy, je zajištěna i bezpečnost. Pracoviště je navíc ze strany robota ohraničené klecí.
<b>Opakovatelnost</b> – stále stejná rychlost při operaci natažení a zasponkování materiálu			U strojů je zajištěna stále stejná rychlost při vykonávání operací
<b>Bezporuchovost</b> – způsobilost plnit bez poruchy požadované funkce po stanovenou dobu a za stanovených podmínek			Stroje jsou servisované a tím se předchází poruchovosti. Skonkovačka má vlastní nabíjecí zásobník
<b>Úspory materiálu</b> – využít jen tolik materiálu, kolik je potřeba na zasponkování			Pro snížení výrobních nákladů, je zmenšena plocha materiálu – tzn. méně zbytkového materiálu
<b>Životnost</b>			Stroje splňují normy i dlouhou životnost.
<b>Uchopovací síla</b> – stále stejná síla při uchopení i natažení materiálu			Uchopovací mechanismus má konstantní sílu po celou dobu díky ozubenému hřebenu

Tab. 22: Zhodnocení současného a inovovaného stavu finální operace výroby loketní opěrky

## 10.2. Design for X

Následující kapitoly obsahují konkrétní případy z návrhu svítidla, ve kterých bylo použito principů DFX.

Součástí inovačního procesu jsou samozřejmě i metody pro detailní konstruování, jejichž rozhodující částí tvoří metody typu DFX, kde X označuje oblast působení metod.

Cílem DFX metod je vytvoření co možná nejefektivnějšího modelu popisujícího reálný produkční proces. [4]

### 10.2.1. Design for Assembly

Porovnány jsou původní navrhované stavy se stavy po optimalizaci pomocí metody DFA. Pro analýzu byla použita metoda firmy LUCAS, kde je podrobně uvedeno, jakou hodnotu mají jednotlivé strojní části. Tato metoda je uvedena v Příloze č. 10. Podle této metody se nejdříve provede klasifikace dílů sestavy. Díly se rozdělí do dvou kategorií:

- Kategorie „A“ podstatné díly v sestavě z hlediska funkce výrobku,
- Kategorie „B“ díly nepodstatné, ale nezbytně nutné ke kompletaci současného návrhu výrobku, většinou oddělená upevnění [17]

Efektivnost návrhu sestavy je potom vyjádřena poměrem počtu dílů „A“ k součtu všech dílů v sestavě. Doporučená efektivnost návrhu sestavy je 60%. [17]

Název dílu		Analýza		
		Funkční	Montážní	Manipulace
Úchopná hlavice	1	A	1	1,9
Šrouby k přichycení uchopovacího mechanismu	4	B	9,3	1,9
Dno válce	1	A	2,8	1,5
Těsnění dna válce	1	B	3,9	1,7
Magnet	1	A	2,7	1
Píst	1	A	1,7	1,9
Těsnění pístu	1	B	3,9	1,2
Tlumič podložka	1	B	3,9	1,2
Ozubený hřeben	1	A	2,7	1,9
Tělo válce	1	A	1	1
Rozpěrný pojistný kroužek	4	B	3,9	2,1
Těsnění ložiska	4	B	3,9	1,2
Ložisko	4	A	2,6	1
Těsnění	8	B	3,9	1,2
Těsnící pouzdro	1	B	1,3	1,2
Uchopovací prst	2	A	5,6	2,1
Ozubené kolo	2	A	5,1	1,5
Pastorek	2	A	4,1	1,5
Pero	2	B	2,1	1,2
Počet dílů		$\Sigma$ "A"	$\Sigma$ M	$\Sigma$ S
42		16	65,4	28,2
Efektivnost návrhu sestavy			$\frac{\Sigma "A"}{\text{počet dílů}}$	38,10%
Poměr montážních operací			$\frac{\Sigma M}{\Sigma "A"}$	4,088
Poměr manipulačních operací			$\frac{\Sigma S}{\Sigma "A"}$	1,763

Tab. 23: DFA současného řešení

Název dílu		Analýza		
		Funkční	Montážní	Manipulace
Úchopná hlavice	1	A	1	1,9
Dno válce	1	A	2,8	1,5
Těsnění dna válce	1	B	3,9	1,7
Magnet	1	A	2,7	1
Píst	1	A	1,7	1,9
Těsnění pístu	1	B	3,9	1,2
Tlumicí podložka	1	B	3,9	1,2
Ozubený hřeben	1	A	2,7	1,9
Tělo válce	1	A	1	1
Ložisko	4	A	2,6	1
Těsnění	4	B	3,9	1,2
Těsnící pouzdro	1	B	1,3	1,2
Uchopovací prst	2	A	5,6	2,1
Ozubené kolo	2	A	5,1	1,5
Pastorek	2	A	4,1	1,5
Pero	2	B	2,1	1,2
Počet dílů		$\sum "A"$	$\sum M$	$\sum S$
26		16	48,3	23
Efektivnost návrhu sestavy			$\frac{\sum "A"}{\text{počet dílů}}$	61,54%
Poměr montážních operací			$\frac{\sum M}{\sum "A"}$	3,019
Poměr manipulačních operací			$\frac{\sum S}{\sum "A"}$	1,438

Tab. 24: DFA inovovaného řešení

### 10.2.2. Design for Disassembly

Touto metodou se zvyšuje důležitost návrhu výrobků s minimálním dopadem na životné prostředí. DFD = návrh výrobku tak, aby se na konci životního cyklu mohly dosloužilé díly snadno demontovat. Díly z různých materiálů je třeba separovat a pokud možno recyklovat.

DFD se zdá být součástí Design for the Environment (DFE) zabývající se dopadem výrobku na životní prostředí. DFD je podmnožinou DFE a řídí se následujícími hledisky:[18]

- Použití surových přírodních materiálů,
- Čisté technologie,
- Bezodpadová výroba,
- Snižování množství chemických emisí,
- Nízká spotřeba energie,
- Použití bezpečné a obnovitelné materiály,
- Snadná demontáž,
- Snadná následná bezodpadová recyklace.

Následující tabulka uvádí, zde navrhovaná konstrukce splňuje obecné požadavky pro DFD dle literatury [18].

Doporučení pro DFD	Poznámky	Splněno ?
Snadno oddělitelné díly bez jejich poškození	Úchopná hlavice – šroubové spojení	ANO
Snadno vyčistitelné díly bez čisticího negativně působícího na životní prostředí	Díly není třeba čistit. Součásti nejsou zdrojem žádného znečištění	ANO
Použité díly, které lze snadno recyklovat	Materiály kov, hliník je možno recyklovat	ANO
Konstrukce umožňující třídění	Konstrukce umožňuje snadné rozebírání a vytřídění	ANO
Jednoduše identifikovatelné materiály	Každý díl má své označení	ANO
Konstrukce bez lepidel, které vyžadují chemické zpracování	Není použito žádné lepidlo	ANO
Konzistentní ve velikosti a druhu upevňovacích šroubů	Použití stejných druhů šroubů	ANO
Snadná demontáž	Díly jsou demontovatelné za použití jednoduchých běžně dostupných nástrojů	ANO
Snadná následná bezodpadová recyklace	Materiály kov, hliník je možno recyklovat	ANO
Použité bezpečné materiály	Použité materiály jsou zdravotně nezávadné	ANO
Bezodpadová výroba	Pastorek, ozubený hřeben, dno válce – soustružen	NE
Čisté technologie	Soustružení, frézování	NE
Použití surového přírodního materiálu	Konstrukce je kladena na životnost a odolnost	ANO
Snadná výměna dílů a jejich další použití	Díly jsou demontovatelné za použití jednoduchých běžně dostupných nástrojů	ANO
Snadné oddělení kovů tak, aby bylo možné zařadit do třídy zvyšující cenu odpadu		ANO
Použití lomových bodů pro snadnější demontáž	Není třeba	ANO
Konstrukce s rozebíratelnými konektory	Použité konektory jsou rozebíratelné	ANO
Konstrukce s rozebíratelnými spoji	Šrouby	ANO

Tab. 25: DFD analýza inovovaného řešení

## 11. EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V Tab. 26 je uvedeno zhodnocení, které porovnává současný stav s navrhovaným. V současném stavu je 7 pracovníků, kteří mají celkovou produktivitu 2700 ks/den. Pracuje se na dvou směnný provoz. Čistý zisk současného stavu činí 211 410 000 Kč.

U navrhovaného stavu je jeden pracovník, který obsluhuje pásové dopravníky. Produktivita pracoviště je 3 024 ks/ den. Do pracoviště je nutné investovat 3 373 800 Kč. Popis součástí/strojů je uvedeno v seznamu, níže. Čistý zisk pracoviště činí 236 779 200 Kč.

Z toho je patrné, že navrhovaný stav je výnosnější oproti současnému stavu a to o 26 369 200 Kč. Návratnost investice je za 1,5 měsíce.

Popis součástí/strojů:

• Průmyslový robot FANUC r2000iA/165F + software		2 350 000 Kč
• Sponkovačka		55 000 Kč
• Karussell		7 000 Kč
• Sklopné rameno (3x)	150 000 Kč	450 000 Kč
• Pásový dopravník (2x)	68 000 Kč	136 000 Kč
• PC sestava		20 000 Kč
• Rozvodná skříň		5 800 Kč
• Laser Panasonic HL-G1 (10x)	20 000 Kč	200 000 Kč
• Ostatní příslušenství		150 000 Kč

**Celková investice**

**3 373 800 Kč**

	Současný stav	Navrhovaný stav
<b>Pracovníci</b>	7	1
<b>Takt (ks/hod)</b>	30	189
<b>Produktivita (ks/den)</b>	2700	3 024
<b>Produktivita (ks/rok)</b>	704 700	789 264
<b>Náklady pracovník (Kč/rok)</b>	2 310 000	330 000
<b>Energie (Kč/rok)</b>	30 000	100 000
<b>Nutná investice (Kč)</b>	-	3 373 800
<b>Marže (Kč/ks)</b>		300
<b>Čistý zisk (Kč/rok)</b>	211 410 000	236 779 200
<b>Rozdíl (Kč)</b>		<b>+ 25 369 200</b>
<b>Návratnost investice (měs.)</b>	-	<b>1,6</b>

Tab. 26: Ekonomické zhodnocení

## 12. ZÁVĚR

V prvních kapitolách byla krátce představena společnost Fehrer s.r.o., čím se zabývá a jaké byly její stěžejní milníky.

Následně byl představen úkol, kterým se tato diplomová práce dále zabývala. Jelikož se jednalo o nahrazení lidského faktoru za plně automatizované pracoviště, které bude pracovat bez zásahu obsluhy, bylo důležité porovnat lidskou práci s automatizovanou a následně a jaké výhody automatizace přináší. V následujících krocích byly shrnuty požadavky na inovaci v oblasti interiéru osobních automobilů a současný výrobní finální postup při výrobě loketní opěrky.

Po prozkoumání stávající řešení výroby loketní opěrky byl proveden průzkum zákaznických potřeb, při kterém bylo využito interview se zaměstnanci této společnosti podílejících se na vývoji výrobního procesu loketních opěrek. Jelikož navrhované pracoviště spolu s uchopovacím mechanismem budou používány pouze v rámci této společnosti, nebylo možné vypracovat dotazník, který by směřoval k zákazníkům, tudíž hlavním a jediným zákazníkem byla společnost Fehrer s.r.o. Na základě zákaznických potřeb byl vypracován afinní diagram, kde tyto potřeby byly zohledněny do inovačních návrhů.

Dalším krokem s cílem získat co největšího počtu informací o problematice uchopovacích prstů a mechanismů byl proveden průzkum výrobců, kteří se tímto problémem zabývají. Tento průzkum byl proveden pomocí katalogů, webových stránek a několika návštěvami výrobců. Průzkum dále pokračoval v oblasti patentů a to v databázi Google Patents. Tyto poznatky a databáze byly dalším pomocníkem k vytyčení inovačních cílů, které jsou velmi důležité při navrhování možných variant.

Na základě požadavků zákazníka a získaných informací bylo zpracováno 6 variant úchopných hlavic. Tyto hlavice společně se sponkovačkou jsou připojeny k průmyslovému robotu, který se stará o přesné najetí do požadované pozice. V této části bylo nutné vyhodnotit, která z variant je neoptimálnější pro natažení rohu materiálu loketní opěrky, a proto byly vypracovány 3 tabulky. První tabulkou bylo provedeno hrubé rozřídění pomocí 18 kritérií (příloha č. 4), která určila, které dvě varianty budou dále podrobeny detailnějšímu hodnocení. V následující tabulce byly tyto dvě varianty detailněji hodnoceny na základě vážených hodnot. V posledním hodnocení bylo provedeno konečné porovnání těchto dvou variant na základě složitosti celé sestavy. Z konečného vyhodnocení bylo patrné, že varianta s nejvíce body bude použita ve výsledném konstrukčním řešení.

V další části této práce byly zpracovány 3 varianty uchopovacích prstů, které budou uchopovat roh materiálu loketní opěrky. Toto téma je pro celek velmi důležité, neboť pokud prsty nebudou mít dostatečně velkou plochu, či nebude vyvíjena dostatečná uchopovací síla,



nedocházelo by k uchopení a následnému natažení materiálu, což by v tomto případě bylo velmi nepřijatelné. Tyto tři zpracované varianty bylo opět nutné podrobit hrubému roztrídění, které rozhodlo, jaké dvě varianty postoupí do detailnějšího hodnocení. Detailnější hodnocení mělo stejný záměr, jako u uchopovacích hlavíc a to, vybrat neoptimálnější variantu. Z kvalifikačních matic byly vybrány vítězné varianty, ze kterých byl zpracován finální uchopovací mechanismus.

Po zpracování bylo možné vytvořit kompletní automatizované pracoviště, které splňovalo základní požadavek a to pracovat bez zásahu obsluhy. Toto pracoviště bylo zkonstruováno v modelovacím softwaru Inventor 2012 a dále bylo zanimováno, aby bylo možné shlédnout jeden pracovní cyklus loketní opěrky, při zasponkování jednoho rohu materiálu.

Po splnění všech daných požadavků v inovačním záměru, vymodelování uchopovacího mechanismu a celého pracoviště, byl uchopovací mechanismus optimalizován s použitím metod FMEA-K a DFX, díky kterým došlo ke zvýšení efektivity návrhu sestavy z 38,10% na 61,54%. Při zjišťování celkového namáhání uchopovacích prstů, byla provedena MKP analýza těchto namáhaných prvků. Tato analýza ukázala, že návrhy vyhovují. Dále bylo provedeno srovnání současného a inovovaného řešení z hlediska DFA, DFD a byla vytvořena výrobně-technická dokumentace. Závěrem této práce bylo vypracování ekonomického zhodnocení, které se věnovalo současnému a inovovanému řešení. Na základě srovnání těchto faktorů bylo možné určit finanční rozdíl a návratnost investice.

Přínosem této diplomové práce je možnost nového pohledu na plně automatizované pracoviště ve společnosti Fehrer a tím i zvýšení konkurenceschopnosti a produktivity. Přesto, že se jednalo o nahrazení pracovníků za automatizované pracoviště, které bude pracovat bez zásahu obsluhy, nebyl přesně stanoven zástavbový prostor. Jelikož však byly všechny zákaznické požadavky splněny, bylo společností Fehrer rozhodnuto, aby tato diplomová práce sloužila jako podklad pro vývoj automatizovaného pracoviště v roce 2013.

## Seznam obrázků

Obr. 1: 3D model – plastový díl spodní dlouhý LL F10 Miko .....	21
Obr. 2: Detail místa zasponkování rohu na části loketní opěrky .....	23
Obr. 3: Uchycení rohu materiálu loketní opěrky .....	23
Obr. 4: Detail zasponkovaného rohu materiálu.....	24
Obr. 5: Povrch z textilie .....	25
Obr. 6: Povrch ze syntetické kůže (koženky) .....	26
Obr. 7: Povrch z pravé kůže.....	27
Obr. 8: Životní cyklus projektu inovace výrobního zařízení loketní opěrky .....	30
Obr. 9: Trojimperativ .....	33
Obr. 10 : Část harmonogramu diplomové práce .....	38
Obr. 11: Uchopovací mechanismy od výrobce Rexroth Bosch Group.....	39
Obr. 12: Uchopovací mechanismus od výrobce SMC .....	39
Obr. 13: Uchopovací mechanismus od výrobce Pneumax.....	39
Obr. 14: Zleva: US 2011/0257786 A, EP 0241878 A, US 20120286533 A1.....	40
Obr. 15: Varianta č. 1 .....	43
Obr. 16: Varianta č. 2.....	44
Obr. 17: Varianta č. 3.....	45
Obr. 18: Varianta č. 4.....	46
Obr. 19: Varianta č. 5.....	47
Obr. 20: Varianta č. 6.....	48
Obr. 21: Varianta A.....	52
Obr. 22: Varianta B.....	52
Obr. 23: Varianta C.....	53
Obr. 24: 3D model uchopovacího mechanismu.....	55
Obr. 25: Model pracoviště ve 3D.....	56
Obr. 26: Rozpadové schéma .....	57



Obr. 27: Ozubený hřeben .....	58
Obr. 28: Tělo válce .....	59
Obr. 29: Uchopovací prsty .....	59
Obr. 30: Ozubené kolo .....	60
Obr. 31: Průmyslový robot FANUC R-2000iA/165F .....	60
Obr. 32: Dopravníkový pás .....	61
Obr. 33: Panasonic HL-G1 .....	61
Obr. 34: Návrh uchopovací síly .....	62
Obr. 35: Okrajové podmínky varianty B .....	63
Obr. 36: Deformace při zatížení (50N, 100N, 150N) varianta B .....	64
Obr. 37: Okrajové podmínky varianty C .....	65
Obr. 38: Deformace při zatížení (50N, 100N, 150N) varianta C .....	65
Obr. 39: Detail analýzy FMEA-K .....	66

## Seznam tabulek

Tab. 1: Seznam dílů na sestavě loketní opěrky .....	21
Tab. 2: Srovnání jednotlivých materiálů.....	27
Tab. 3: Rozměrová stálost materiálů.....	28
Tab. 4: Základní otázky a odpovědi.....	32
Tab. 5: Afinní diagram zákaznických potřeb.....	36
Tab. 6: Jednotlivé typy konstrukčního řešení .....	40
Tab. 7: Zhodnocení současného řešení finální operace výroby loketní opěrky z požadavků zákazníka.....	41
Tab. 8: Klady a zápory varianty č. 1 .....	43
Tab. 9: Klady a zápory varianty č. 2 .....	44
Tab. 10: Klady a zápory varianty č. 3 .....	45
Tab. 11: Klady a zápory varianty č. 4 .....	46
Tab. 12: Klady a zápory varianty č. 5 .....	47
Tab. 13: Klady a zápory varianty č. 6 .....	48
Tab. 14: Kvalifikační matice pro hrubé rozřídění.....	49
Tab. 15: Detailnější hodnocení vybraných konceptů.....	50
Tab. 16: Porovnání variant dle složitosti .....	51
Tab. 17: Kvalifikační matice pro hrubé rozřídění.....	53
Tab. 18: Detailní hodnocení vybraných variant.....	54
Tab. 19: Jmenovitý seznam dílů .....	57
Tab. 20: Technická data uchopovacího mechanismu .....	62
Tab. 21: Hodnoty uchopovacích sil .....	62
Tab. 22: Zhodnocení současného a inovovaného stavu finální operace výroby loketní opěrky .....	67
Tab. 23: DFA současného řešení .....	68
Tab. 24: DFA inovovaného řešení .....	69



---

Tab. 25: DFD analýza inovovaného řešení.....	70
Tab. 26: Ekonomické zhodnocení.....	71

## Použitá literatura

- [1] Milestones of a succes story, Fehrer s.r.o. [Online] 12. 02 2012. [Citace: 26. 01. 2013.] Dostupné z: <http://www.fehrer.com/en/company/history.html>
- [2] Doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc. *Mechanizace ve strojírenství*. Brno 2003: Fakulta strojního inženýrství
- [3] Když se řekne automatizace, ZAT a.s. [Online] 2013. [Citace: 13. 02. 2013.] Dostupné z: [http://www.zat.cz/en/download/documents/doc\\_download/343-kdyz-se-rekne-automatizace](http://www.zat.cz/en/download/documents/doc_download/343-kdyz-se-rekne-automatizace)
- [4] Mašín, Ivan a Ševčík, Ladislav. *Metody inovačního inženýrství*. Liberec: Institut technologií a managementu s.r.o, 2006. ISBN 80-903533-0-4
- [5] Bc. Tomáš Vach. *Inovace svítidla EXA s technologií LED* [Diplomová práce]. Liberec 2009
- [6] FUNG, Walter – HARDCASTLE, Mike. *Textiles in automotive engineering*. 1st edition. Cambidge (England): Woodhead-publishing Ltd, 2001. 355 s. ISBN 1 85573 493 1.
- [7] Certifikační orgán, SPR [Online] 2012. [Citace: 07. 03. 2013.] Dostupné z: <http://www.ipma.cz>
- [8] Ing. Petr Lepšík, Ph.D., doc. Dr. Ing Ivan Mašín. *Nástroje řízení projektů*. Liberec 2012: Katedra částí a mechanismů strojů. ISBN: 978-80-7372-854-0
- [9] ROSENAU, M.,D.: *Řízení projektů*, Brno 2007 ISBN 978-80-251-1506-0
- [10] Rexroth Bosch Group [Online] 2013. [Citace: 20. 04. 2013.] Dostupné z: <http://www.boschrexroth.com/pneumatics-catalog/Vornavigation/Vornavi.cfm?Language=CS&VHist=g53567,g94967,g95917,g62467&PageID=p51289>
- [11] Inovation Performance Quality [Online] 2012. [Citace: 20. 04. 2013.] Dostupné z: <http://2009.oc.smc-cee.com/cz/>
- [12] Pneumax Automation s.r.o. [Online] 2013. [Citace: 20. 04. 2013.] Dostupné z: [http://www.pneumaxsro.cz/index.php?pg=pneu\\_5000&pogg=pneu\\_5060&poggg=pneu](http://www.pneumaxsro.cz/index.php?pg=pneu_5000&pogg=pneu_5060&poggg=pneu)

\_5607

- [13] Google Patents Search [Online] 2013. [Citace: 21. 04. 2013.] Dostupné z: <http://www.google.com/patents?id=rgT5AQAAEBAJ&printsec=abstract&zoom=4&hl=cs#v=onepage&q&f=false>
- [14] Bc. Petr Zikmund. *Inovace stropní konzole osobního automobilu Ford* [Diplomová práce]. Liberec 2012
- [15] Automatizace. Panasonic HL-G1 [Online] 2013. [Citace: 26. 04. 2013.] Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/mereni-a-regulace/presny-laserovy-snimac-vzdalenosti-panasonic-hl-g1.html>
- [16] Henke, P. FMEA a Risk Management. iKvalita. [Online] 2013. [Citace: 26. 04.2013.] Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=51>.
- [17] IDES. [Databáze online] IDES Inc., 2012. [Citace: 15. 04 2013.] Dostupné z: <http://www.ides.com/>
- [18] Ševčík, Ladislav. *PLM systém a principy návrhu výrobku*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2010. ISBN 978-80-7372-641-6



## Seznam příloh

Příloha č. 1: S.M.A.R.T	(2 strany)
Příloha č. 2: Harmonogram	(1 strana)
Příloha č. 3: Průzkum trhu	(3 strany)
Příloha č. 4: Kritéria pro kvalifikační matice	(2 strany)
Příloha č. 5: Výkresová dokumentace	(4 strany)
Příloha č. 6: Průmyslový robot R-2000iA/165F	(4 strany)
Příloha č. 7: Laser Panasonic HL-G1	(6 stran)
Příloha č. 8: MKP analýza, celkové namáhání	(9 stran)
Příloha č. 9: FMEA-K	(1 strana)
Příloha č. 10: Metoda DFA dle LUCAS	(1 strana)

**Přílohy jsou k dispozici v deskách, které nejsou pevnou součástí této práce. Veškeré dokumenty jsou k dispozici také v elektronické podobě na DVD umístěným na deskách tohoto dokumentu.**